



**UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE OBRAS CIVILES**

**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DISPONIBLE EN LA  
INFRAESTRUCTURA SANITARIA DEL SECTOR SAN PEDRO DE LA PAZ Y  
PARQUE INDUSTRIAL CORONEL, DEBIDO A LA INCORPORACIÓN DE  
NUEVOS CLIENTES. UN ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO**

**Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil**

**ÓSCAR ANDRÉS VENEGAS PÉREZ**

**Profesor Guía  
MARIO CISTERNAS NUÑEZ**

**SANTIAGO DE CHILE  
NOVIEMBRE 2015**

# ÍNDICE CONTENIDOS

<b>1.</b>	<b>RESUMEN.....</b>	<b>7</b>
1.1	Alcance y Propósito .....	7
1.2	Acercamiento Técnico .....	7
1.3	Conclusiones y Recomendaciones.....	7
<b>2.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
2.1	Antecedentes Generales .....	9
2.2	Problemática.....	10
2.3	Objetivos de Estudio.....	11
2.3.1.	<i>Objetivos Generales .....</i>	<i>11</i>
2.3.2.	<i>Objetivos Específicos .....</i>	<i>11</i>
2.3.3.	<i>Alcances y limitaciones.....</i>	<i>11</i>
<b>3.</b>	<b>DEFINICIÓN DEL AREA DE CONCESIÓN Y TERRITORIO OPERACIONAL.....</b>	<b>14</b>
3.1	Plano del Territorio Operacional de Agua Potable y Alcantarillado .....	14
3.2	Área del Proyecto y Situación Geográfica .....	14
<b>4.</b>	<b>CATASTRO Y DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA SANITARIA EXISTENTE.....</b>	<b>19</b>
4.1	Catastro de Infraestructura Existente .....	19
4.1.1.	<i>Servicio de Agua Potable .....</i>	<i>20</i>
4.1.2.	<i>Servicio de Alcantarillado .....</i>	<i>32</i>
4.1.3.	<i>Esquemas y Cuadros de Infraestructura Existente.....</i>	<i>36</i>
4.2	Diagnóstico de la Infraestructura Disponible .....	37
4.3	Inversión en Reposición de Obras.....	39
<b>5.</b>	<b>BASES DE CÁLCULO .....</b>	<b>41</b>
5.1	Criterios de Diseño Proyección de Caudales de Agua Potable y Aguas Servidas .....	41
5.2	Estanques de Regulación de Agua Potable .....	43
5.3	Planta Elevadoras de Agua Potable y Aguas Servidas .....	43
5.4	Tuberías gravitacionales.....	44
5.5	Tuberías en presión.....	44
<b>6.</b>	<b>PROYECCIÓN DE DEMANDA.....</b>	<b>46</b>
6.1	Proyección de Población y Clientes.....	46
6.2	Coeficientes de Consumo.....	47
6.3	Cálculo de Pérdidas.....	50
6.4	Proyección Demanda de Agua Potable.....	51
6.5	Proyección Demandas de Aguas Servidas.....	55
6.5.1.	<i>Sectores de Recolección .....</i>	<i>55</i>
6.5.2.	<i>Coeficiente de Recuperación.....</i>	<i>56</i>
6.5.3.	<i>Caudales de Infiltración y Aguas Lluvias .....</i>	<i>57</i>
6.5.4.	<i>Factores de Producción de Aguas Servidas.....</i>	<i>58</i>
6.5.5.	<i>Caudales de Diseño de Aguas Servidas .....</i>	<i>58</i>
6.5.6.	<i>Estimación de la Carga Orgánica .....</i>	<i>58</i>
6.5.7.	<i>Proyección de Demandas de Aguas Servidas.....</i>	<i>59</i>
<b>7.</b>	<b>BALANCE OFERTA DEMANDA .....</b>	<b>61</b>
7.1	Balance oferta demanda agua potable .....	62
7.1.1.	<i>Derechos de Agua y oferta de aguas subterráneas. ....</i>	<i>62</i>
7.1.2.	<i>Fuentes y Captaciones .....</i>	<i>62</i>
7.1.3.	<i>Plantas de Tratamiento de Agua Potable .....</i>	<i>64</i>
7.1.4.	<i>Plantas de Cloración.....</i>	<i>66</i>
7.1.5.	<i>Balance Oferta Demanda Plantas Elevadoras e impulsión de Producción.....</i>	<i>67</i>
7.1.6.	<i>Balance Oferta Demanda Estanques de Distribución.....</i>	<i>71</i>
7.1.7.	<i>Balance Oferta Demanda Planta elevadora e Impulsiones de Distribución.....</i>	<i>74</i>
7.1.8.	<i>Verificación Hidráulica Sistema de Distribución.....</i>	<i>78</i>
7.1.9.	<i>Esquema de Obras Futuras.....</i>	<i>78</i>
7.2	Balance oferta demanda sistema de aguas servidas .....	79
7.2.1.	<i>Planta Elevadoras e Impulsiones Asociadas de Recolección.....</i>	<i>79</i>
7.2.2.	<i>Balance Oferta-Demanda de Disposición.....</i>	<i>86</i>
7.2.3.	<i>Esquema de Obras Futuras.....</i>	<i>88</i>
<b>8.</b>	<b>SOLUCIÓN DEFINIDA .....</b>	<b>89</b>
<b>9.</b>	<b>PROGRAMA DE INVERSIONES .....</b>	<b>91</b>
<b>10.</b>	<b>CRONOGRAMA DE OBRAS .....</b>	<b>93</b>
<b>11.</b>	<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA .....</b>	<b>94</b>
11.1	Inversiones .....	94

11.2 Costos de Operación, Mantenimiento y Administración. ....94

11.3 Tasa de Costo Capital .....95

11.4 Evaluación Económica del Proyecto.....95

12. CONCLUSIONES .....100

13. BIBLIOGRAFÍA .....102

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1 Detalle de clientes Aguas San Pedro por concesión .....	9
Tabla 4.1 Recintos Existentes Sistema San Pedro de La Paz – PIC.....	20
Tabla 4.2: Derechos de agua y capacidad de las fuentes .....	25
Tabla 4.3: Captaciones subterráneas. Sondajes.....	25
Tabla 4.4: Captaciones Subterráneas. Punteras.....	26
Tabla 4.5: PEAP Tipo C. Eje Vertical. Sondajes .....	26
Tabla 4.6: PEAP Tipo D. Eje Horizontal. Punteras.....	26
Tabla 4.7: Plantas de tratamiento de agua potable .....	27
Tabla 4.8: Conducciones de producción .....	28
Tabla 4.9: Centros de desinfección.....	28
Tabla 4.10: Estanques de regulación.....	29
Tabla 4.11: PEAP tipo A .....	29
Tabla 4.12: Conducciones de distribución.....	30
Tabla 4.13: Sectores de distribución .....	30
Tabla 4.14: Red de distribución .....	31
Tabla 4.15: PEAS de recolección. Tipo sumergibles.....	32
Tabla 4.16: Conducciones de recolección.....	33
Tabla 4.17: Red de recolección .....	34
Tabla 4.18: Planta de tratamiento aguas servidas .....	35
Tabla 4.19: Plantas de tratamiento preliminar aguas servidas .....	36
Tabla 4.20: Conducciones de disposición .....	36
Tabla 4.21: Escala de conservación infraestructura sanitaria existente .....	37
Tabla 4.22: Resumen diagnóstico infraestructura agua potable.....	37
Tabla 4.23: Resumen diagnóstico Infraestructura aguas servidas .....	38
Tabla 4.24: Inversiones en reposición de infraestructura sanitaria.....	39
Tabla 5.1 Determinación volumen de incendio.....	43
Tabla 6.1: Proyección población y clientes dentro territorio operacional .....	46
Tabla 6.2 Proyección clientes dentro territorio operacional .....	47
Tabla 6.3: Consumos totales periodo 2011-2013 sector PIC .....	48
Tabla 6.4: Consumos totales periodo 2011-2013 Sector residencial.....	49
Tabla 6.5: Cálculo del C.M.M.C. Sector industrial y residencial .....	49
Tabla 6.6: Coeficientes de consumo sector PIC.....	50
Tabla 6.7: Coeficientes de consumo sector residencial.....	50
Tabla 6.8: Producción y facturación periodo 2012-2013 .....	51
Tabla 6.9: Distribución clientes y consumos regulados.....	52
Tabla 6.10: Proyección de demanda de agua potable .....	54
Tabla 6.11: Coeficiente recuperación PTAS PIC. Periodo 2012-2014.....	56
Tabla 6.12: Cálculo caudal infiltración y aguas lluvias.....	58
Tabla 6.13: Cálculo aporte per cápita (APC).....	59
Tabla 6.14: Proyección de demanda de aguas servidas .....	60
Tabla 7.1: Derechos de agua y capacidad de las fuentes .....	62
Tabla 7.2: Captaciones subterráneas. Sondajes.....	62
Tabla 7.3: Captaciones subterráneas. Punteras .....	63
Tabla 7.4: Balance oferta demanda fuentes y capacidad (sin proyecto) .....	63
Tabla 7.5: Balance oferta demanda fuentes y capacidad (con proyecto) .....	64
Tabla 7.6: Balance oferta demanda plantas de tratamiento A.P. PIC (sin proyecto) .....	64
Tabla 7.7: Balance oferta demanda plantas de tratamiento A.P. PIC (con proyecto) .....	65
Tabla 7.8: Balance oferta demanda centros de cloración (sin proyecto) .....	66
Tabla 7.9: Balance oferta demanda centros de cloración (con proyecto) .....	66
Tabla 7.10: Balance oferta demanda PEAP producción Foresta-Rosario (sin proyecto) .....	67
Tabla 7.11: Balance oferta demanda PEAP producción Foresta-Rosario (sin proyecto) .....	68
Tabla 7.12: Balance oferta demanda PEAP producción Foresta-Rosario (con proyecto) .....	69
Tabla 7.13: Balance oferta demanda PEAP producción Pioneros (sin proyecto) .....	69
Tabla 7.14: Balance oferta demanda PEAP producción Pioneros (sin proyecto) .....	70
Tabla 7.15: Balance oferta demanda PEAP producción Pioneros (con proyecto) .....	71

Tabla 7.16: Balance oferta demanda regulación Foresta-Rosario (sin proyecto) ..... 71

Tabla 7.17: Balance oferta demanda regulación Foresta-Rosario (con proyecto) ..... 72

Tabla 7.18: Balance oferta demanda regulación Pioneros (sin proyecto) ..... 72

Tabla 7.19: Balance oferta demanda regulación Pioneros (con proyecto) ..... 73

Tabla 7.20: Balance oferta demanda PEAP distribución Foresta-Rosario ..... 74

Tabla 7.21: Balance oferta demanda PEAP distribución Foresta-Rosario (sin proyecto) ..... 74

Tabla 7.22: Balance oferta demanda PEAP distribución Foresta-Rosario (con proyecto) .... 75

Tabla 7.23: Balance oferta demanda PEAP distribución Pioneros (sin proyecto) ..... 76

Tabla 7.24: Balance oferta demanda PEAP distribución Pioneros (sin proyecto) ..... 76

Tabla 7.25: Balance oferta demanda PEAP distribución Pioneros (con proyecto) ..... 77

Tabla 7.26: Balance oferta demanda red de distribución (sin proyecto) ..... 78

Tabla 7.27: Balance oferta demanda PEAS SPDV (sin proyecto) ..... 79

Tabla 7.28: Balance oferta demanda PEAS SPDV (sin proyecto) ..... 80

Tabla 7.29: Balance oferta demanda PEAS SPDV (con proyecto) ..... 80

Tabla 7.30: Balance oferta demanda PEAS PIC (sin proyecto) ..... 81

Tabla 7.31: Balance oferta demanda PEAS PIC (sin proyecto) ..... 81

Tabla 7.32: Balance oferta demanda PEAS PIC (con proyecto) ..... 82

Tabla 7.33: Balance oferta demanda PEAS Norte (sin proyecto) ..... 83

Tabla 7.34 Balance oferta demanda PEAS Norte (sin proyecto) ..... 83

Tabla 7.35: Balance oferta demanda PEAS Norte (con proyecto) ..... 84

Tabla 7.36: Balance oferta demanda PEAS Conavicoop (sin proyecto) ..... 84

Tabla 7.37: Balance oferta demanda PEAS Conavicoop (sin proyecto) ..... 85

Tabla 7.38 Balance oferta demanda PEAS Conavicoop (con proyecto) ..... 86

Tabla 7.39: Balance oferta demanda conducción de disposición (sin proyecto) ..... 87

Tabla 7.40: Balance oferta demanda conducción de disposición (con proyecto) ..... 88

Tabla 8.1: Resumen de obras planificadas. Etapa de producción ..... 89

Tabla 8.2 Resumen de obras planificadas. Etapa de distribución ..... 89

Tabla 8.3: Resumen de obras planificadas. Etapa de recolección ..... 90

Tabla 8.4 Resumen de obras planificadas. Etapa de disposición ..... 90

Tabla 9.1: Programa de inversión por etapa ..... 92

Tabla 10.1: Cronograma base ..... 93

Tabla 11.1: Gastos contables de la empresa ..... 94

Tabla 11.2: Costos unitarios de la empresa ..... 95

Tabla 11.3: Distribución costos unitarios ..... 95

Tabla 11.4: Estructura tarifara vigente ..... 96

Tabla 11.5: Facturación agua potable (m3/año) ..... 96

Tabla 11.6: Facturación aguas servidas (m3/año) ..... 97

Tabla 11.7: Facturación tratamiento aguas servidas (m3/año) ..... 97

Tabla 11.8: Ingresos totales agua potable y aguas servidas (\$/año) ..... 98

Tabla 11.9: Proyección ingresos y costos ..... 99

Tabla 12.1: Resumen obras planificadas periodo 2014-2019 ..... 100

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Esquema desarrollo tesis.....	13
Figura 3.1: Plano Territorio Operacional Sistema San Pedro de La Paz – PIC . ....	14
Figura 3.2: Situación Geográfica de la Ciudad.....	18
Figura 4.1: Ubicación Recinto PIC .....	21
Figura 4.2: Ubicación Recinto Pioneros .....	22
Figura 4.3: Ubicación Recinto La Foresta .....	23
Figura 4.4: Ubicación Recinto Rosario.....	24
Figura 4.5: Ubicación Recinto Yobilo .....	24
Figura 6.1: Facturación Agua Potable; Sector PIC; Periodo 2011-2013 .....	48
Figura 6.2: Facturación Agua Potable; Sector Residencial; Periodo 2011-2013.....	49
Figura 6.3: Distribución de clientes por área de influencia PEAS.....	55
Figura 6.4: Distribución de consumos por área de influencia PEAS.....	56

## **ANEXOS**

- ANEXO N°1: Plano Territorio Operacional Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Concesión San Pedro de La Paz – Parque Industrial Coronel.
- ANEXO N°2: Esquema Obras Existentes Sistema de Agua Potable y Aguas Servidas Concesión San Pedro de La Paz – Parque Industrial Coronel.
- ANEXO N°3: Esquema Obras Futuras Sistema de Agua Potable y Aguas Servidas Concesión San Pedro de La Paz – Parque Industrial Coronel.
- ANEXO N°4: Plano Ubicación Infraestructura Agua Potable y Aguas Servidas.
- ANEXO N°5: Análisis de Demandas y Capacidad Hidráulica de la Infraestructura Sanitaria Existente.
- ANEXO N°6: Proyección Demanda Agua Potable.
- ANEXO N°7: Proyección Demanda Aguas Servidas.
- ANEXO N°8: Verificación Hidráulica Red de Distribución.
- ANEXO N°9: Plano Sectorización Influencia PEAS
- ANEXO N°10: Balance Oferta Demanda

## **1. RESUMEN**

### **1.1 Alcance y Propósito**

La presente tesis verifica la capacidad hidráulica de la infraestructura sanitaria existente en las etapas de producción y distribución de agua potable y tratamiento y disposición de aguas servidas que la empresa Aguas San Pedro S.A. posee en la ciudad de Concepción, comunas de Coronel y San Pedro de La Paz, VIII Región, con el propósito de identificar déficit en su infraestructura sanitaria debido a la incorporación de nuevos clientes a su territorio operacional durante un periodo de 15 años (periodo 2014-2029) y de ser necesario, proponer obras sanitarias de ampliación que permitan brindar continuidad del servicio sanitario a sus clientes.

### **1.2 Acercamiento Técnico**

Con la información estadística de crecimiento que maneja la empresa con respecto a la incorporación de clientes y consumos a su territorio operacional durante los últimos cinco años, periodo 2009-2013, se proyecta la demanda de consumo con un horizonte de planificación de 15 años siendo el año 0 el año 2014 y el año 15 el año 2029.

Con la proyección de demanda de consumo ( $m^3/año$ ) y clientes (cl), obtenida de la información estadística de la empresa de los últimos cinco años (periodo 2009-2013), se establecen los consumos unitarios ( $m^3/cl/mes$ ) y las dotaciones de consumo ( $Lt/hab/día$ ) que es la base de la proyección de caudales de producción y distribución para el periodo 2014-2029, necesarios para verificar la capacidad hidráulica de la infraestructura sanitaria existente en el sector de estudio. La infraestructura sanitaria se verifica para las etapas de producción y distribución de agua potable y tratamiento y disposición de aguas servidas el cual considera a grandes rasgos en su infraestructura existente captaciones de agua cruda, plantas de tratamiento de agua potable, conducciones, plantas elevadoras, estanques de agua potable y plantas de tratamiento de aguas servidas donde se compara la capacidad instalada de cada unidad con la proyección de demanda al año 15 (2029).

### **1.3 Conclusiones y Recomendaciones**

Los déficits detectados en el análisis hidráulico anterior, dan los lineamientos necesarios para invertir en obras sanitarias de ampliación. Se realiza un cronograma de inversiones con un horizonte de planificación de 15 años a partir de las inversiones necesarias para suplir el déficit hidráulico detectado en las unidades analizadas debido a la incorporación de nuevos clientes. Asimismo, se realiza una evaluación económica del plan de inversión, que mediante los indicadores VAN y TIR, permite a la empresa Aguas San Pedro S.A. analizar la rentabilidad de su inversión versus la incorporación de clientes.



## 1. ABSTRACT

### 1.1 Scope and Purpose

This thesis verifies the hydraulic capacity of the existing health infrastructure in the stages of production and distribution of drinking water and treatment and disposal of wastewater Aguas San Pedro S.A owns in the city of Concepcion and Coronel communes of San Pedro de la Paz, VIII Region, in order to identify its health infrastructure deficit due to the incorporation of new customers to its operational territory for a period of 15 years (period 2014 -2029) and, if necessary, propose waterworks expansion to enable the health service to provide continuity to its customers.

### 1.2 Technical Approach

With growth statistical information that manages the company with regard to the incorporation of customers and its operational territory consumption during the past five years, 2009-2013 period, consumer demand is projected with a planning horizon of 15 years being the 0 year 2014 and year 2029 15.

With the screening of consumer demand ( $m^3$  / year) and customers (cl), obtained from the statistical information of the company for the last five years (2009-2013), the unit consumption ( $m^3$  / cl / month) are set endowments and consumption (Lt / person / day) which is the basis of the projected flow of production and distribution for the period 2014-2029, required to check the hydraulic capacity of the existing health infrastructure in the field of study. The health infrastructure holds for the stages of production and distribution of drinking water and treatment and disposal of sewage which considers broadly into their existing infrastructure deposits of raw water, treatment plants for drinking water, pipes, lifting plants, ponds drinking water treatment plants and sewage where each unit installed with the projection of demand per year 15 (2029) compares capacity.

### 1.3 Conclusions and Recommendations

The deficits detected in the previous hydraulic analysis, give the necessary guidelines to invest in waterworks enlargement. A schedule of investments with a planning horizon of 15 years is from the investments needed to supply the hydraulic deficits detected in the analyzed units due to the addition of new customers. Also, an economic evaluation of the investment plan is made, that means the NPV and IRR indicators, allowed the company Aguas San Pedro S.A. analyze the return on investment versus incorporating customers.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Antecedentes Generales

La presente tesis se basa en la metodología establecida por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (en adelante SISS), descrita en su documento “Elaboración de los Planes de Desarrollo” de noviembre 2009, cuyo objetivo es permitir al prestador de servicios sanitarios (Aguas San Pedro S.A. en adelante ASP S.A o la empresa), reponer, extender y ampliar sus instalaciones (infraestructura sanitaria), con el fin de responder a los requerimientos de la demanda del servicio, de acuerdo a lo señalado en el Art. N° 53 letra K del DFL N° 382/88 y al Art. N° 155 del DS MOP N° 1199/04.

La empresa Aguas San Pedro S.A. tiene concesiones de derecho pleno en las regiones RM (Colina – sectores San Luis y Brisas Norte- y Buin – Sector Estación-); VIII Región (San Pedro La Paz – Coronel, y Chillán – sector Doña Rosa) y X Región (Puerto Montt –sector Los Alerces Sur-)

Este grupo de concesiones cuenta con una administración central en la VIII Región en la ciudad de Concepción, en la comuna de San Pedro de la Paz en calle Los Maños 6395, Lomas Coloradas.

La tabla 2.1 presenta a modo de referencia la totalidad de clientes que la empresa Aguas San Pedro S.A. posee a lo largo del país.

Tabla 2.1 Detalle de clientes Aguas San Pedro por concesión

Concesión	Comuna	N° de Clientes Dic. 2013	%
San Pedro de La Paz–PIC	San Pedro de La Paz	10.173	62,82%
	Coronel	3.186	19,67%
San Luis y Brisas Norte	Colina	78	0,48%
Estación	Buin	592	3,66%
Chillán–Doña Rosa	Chillán	1.473	9,10%
Los Alerces	Puerto Montt	693	4,28
Total Clientes ASP S. A.		16.195	100,0%

Fuente: Empresa Sanitaria Aguas San Pedro S.A., 2013.

La presente tesis se desarrolla en la concesión que posee la empresa ASP S.A. en la ciudad de Concepción, en las comunas de San Pedro de La Paz y Coronel precisamente en el sector del Parque Industrial Coronel en la VIII región, cuya concesión<sup>1</sup> representa el 62,82% de la totalidad de sus clientes, cuyo objetivo principal es verificar la capacidad hidráulica de las instalaciones sanitarias existentes en su concesión y cómo se comporta dicha infraestructura al incluir nuevos clientes a su territorio operacional.

La infraestructura sanitaria disponible en el sector San Pedro de La Paz-Parque Industrial Coronel (en adelante PIC), para el abastecimiento de agua potable del

<sup>1</sup> Concesión otorgada a la empresa Aguas San Pedro S.A. según Decreto Supremo de la República D.S. N°498 del 17/06/2005.

sector, cuenta con 4 recintos productivos (agua cruda), compuesto por sondajes, punteras, plantas de tratamientos, plantas elevadoras de agua potables (en adelante P.E.A.P.) y estanques de regulación. Debido a la geografía del sector, el sistema de recolección de aguas servidas está dividido en 15 áreas de atención (15 plantas elevadoras de aguas servidas, en adelante P.E.A.S.) las cuales, en su gran mayoría, descargan a la red de recolección del sector. Las aguas recolectadas son tratadas en la planta de tratamiento de aguas servidas del tipo lodos activados ubicada en el sector Parque Industrial de Coronel (PIC). Posteriormente, las aguas tratadas son conducidas al mar de Chile mediante un emisario submarino.

La información disponible en que se basa la presente tesis, radica principalmente en los antecedentes que la empresa ha aportado constantemente a través de los sistemas de información continua que mantiene con la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), en base a documentación reciente tanto de documentos recopilados, como por información recibida en forma directa del personal de operaciones de la empresa.

Cabe señalar que se considera para el desarrollo de la presente tesis los siguientes estudios:

1. Actualización Plan de Desarrollo Sistema San Pedro – Coronel elaborado por la empresa consultora GTD, 2009.
2. Estudio Tarifario Empresa Aguas San Pedro S.A., elaborado por la empresa consultora Hidrosan S.A., periodo 2010-2015.
3. Protocolos entrega información SISS: PR012001 2013 (NBI, base infraestructura sanitaria), PR023 2012-2014 (Control P.T.A.S.), PR017 2013 (PROCOF; RILES), SIFAC 2012-2013 (producción, facturación agua potable y aguas servidas), elaborada por la empresa sanitaria ASP S.A.
4. Actualización de los planos de redes de agua potable y aguas servidas elaborado por la empresa sanitaria ASP S.A, 2014.

## 2.2 Problemática

En los últimos años, el sector de San Pedro de La Paz y el Parque Industrial Coronel en la VIII región ha experimentado un crecimiento inesperado en su población (incorporación de nuevos clientes) debido al fuerte crecimiento del sector inmobiliario e industrial, generando problemas de abastecimiento de agua potable y recolección de aguas servidas afectando la continuidad de sus servicios.

Con el presente estudio se pretende identificar los déficits de la infraestructura sanitaria existente en el sistema San Pedro de La Paz-Coronel debido al aumento de la demanda de consumo al incorporar nuevos clientes a su territorio operacional. Si la verificación hidráulica indica déficit de acuerdo al análisis anterior, se proyectarán obras de mejoras a la infraestructura sanitaria en los años de déficit. Asimismo, se generará un cronograma de inversiones y se realizará una evaluación económica del plan de inversión de la empresa para determinar su rentabilidad.

De acuerdo a lo anterior, nacen las siguientes interrogantes:

¿Es capaz la infraestructura sanitaria disponible en el sector de San Pedro de La Paz y Parque Industrial Coronel, sostener la creciente demanda que hay en él?

¿Cuáles son las obras de mitigación necesarias para asegurar la continuidad del servicio de agua potable y aguas servidas para los próximos 15 años?

¿Es rentable para la empresa Aguas San Pedro S.A. invertir en infraestructura sanitaria debido a la incorporación de nuevos clientes a su actual concesión San Pedro de La Paz-PIC?

## **2.3 Objetivos de Estudio**

### ***2.3.1. Objetivos Generales***

El objetivo principal de esta tesis es determinar las condiciones para mantener la continuidad del servicio sanitario del sector en estudio San Pedro de La Paz-Coronel perteneciente a la concesión que la empresa Aguas San Pedro S.A. tiene en la VIII región, debido a la incorporación de nuevos clientes a su territorio operacional.

### ***2.3.2. Objetivos Específicos***

1. Proyectar la demanda de consumo del sector en estudio con un horizonte de planificación de 15 años, siendo el año base del estudio el 2014, año 0.
2. Verificar la capacidad hidráulica de la infraestructura sanitaria existente en las etapas de producción y distribución de agua potable y tratamiento y disposición de las aguas servidas en el sector de estudio, considerando el aumento de las demandas de consumo debido a la incorporación de nuevos clientes al territorio operacional de la empresa.
3. Proyectar a nivel de prefactibilidad, obras de ampliación que garantice la continuidad del servicio sanitario de la empresa, debido al aumento de la demandas de consumo del sector.
4. Diseñar un programa de inversiones de acuerdo a los requerimientos indicados en punto 3 con un horizonte de 15 años. Obras de mitigación.
5. Evaluar económicamente el plan de desarrollo, periodo 2014-2029, para que la empresa Aguas San Pedro S.A. pueda analizar la rentabilidad de su inversión en infraestructura sanitaria (indicadores VAN; TIR) versus la incorporación de nuevos clientes a su territorio operacional. Análisis costo-beneficio.

### ***2.3.3. Alcances y limitaciones***

La Presente tesis es un estudio que se efectúa nivel de prefactibilidad, por lo tanto, lo relevante son las soluciones asociadas a un objetivo, entendiendo que los componentes de dichas soluciones podrán ser ajustados posteriormente de acuerdo

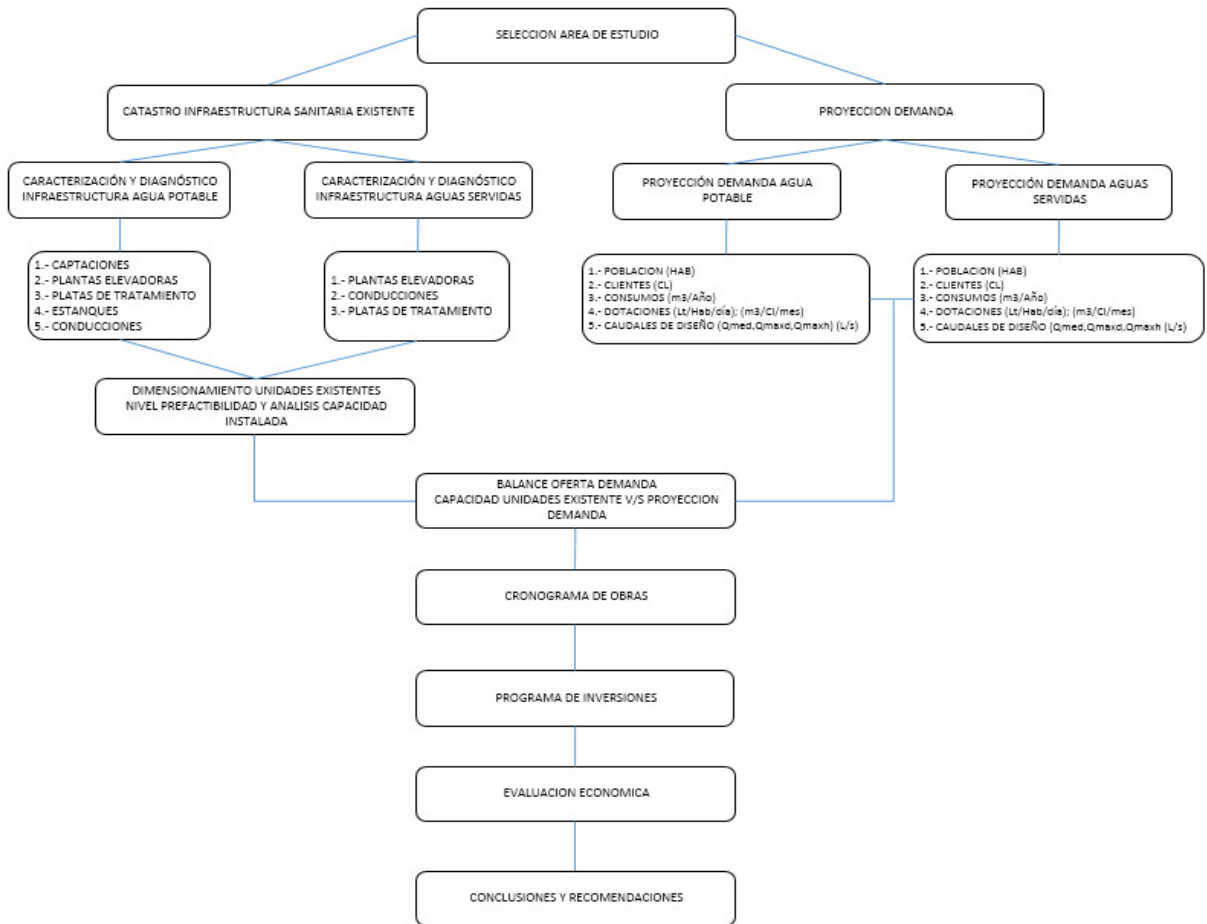
con los estudios de Ingeniería de Detalles que se deben hacer al momento de materializar las obras necesarias que surjan desde este estudio.

La presente tesis es un documento integral y autosuficiente que se apega a lo establecido por la SISS en su “Guía de Elaboración de los Planes de Desarrollo” de noviembre de 2009.

En la presente tesis, se definen los siguientes aspectos:

1. Territorio Operacional de los servicios sanitarios de agua potable y de aguas servidas.
2. Establecimiento del desarrollo más probable de las demandas de servicio en el sector de ampliación considerando un horizonte de análisis de 15 años.
3. Análisis de alternativas de la infraestructura capaz de satisfacer las demandas previstas y seleccionar aquella que presenta la mejor conveniencia técnico-económica.
4. Establecer el calendario de las obras necesarias y sus correspondientes inversiones con un horizonte de previsión de 15 años, vale decir, el año 2029, considerando el año 2014 como el año 0 de la evaluación.

En la figura 2.1 se presenta a modo de referencia, como se presenta la información en la presente tesis.



**Figura 2.1: Esquema desarrollo tesis** (Fuente: Elaboración propia, 2014).

### 3. DEFINICIÓN DEL AREA DE CONCESIÓN Y TERRITORIO OPERACIONAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

#### 3.1 Plano del Territorio Operacional de Agua Potable y Alcantarillado

El territorio operacional de la concesión San Pedro de La Paz - PIC, está ligado al sistema de producción y distribución de agua potable y recolección y disposición de aguas servidas, acorde a las fuentes comunes de abastecimiento y las áreas de población abastecidas.

En el Anexo 1 de la presente tesis, se adjuntan plano y coordenadas que indican los límites del territorio operacional de la concesión que la empresa Aguas San Pedro S.A. posee en las comunas de San Pedro de La Paz – PIC y donde se desarrolla el presente estudio, conforme a lo dispuesto por la Superintendencia de Servicios Sanitarios en su guía para la elaboración de los planes de desarrollo de noviembre de 2009.

En la figura 3.1 se presentan los límites operacionales de la empresa Aguas San Pedro S.A. y donde se desarrolla el estudio:



**Figura 3.1: Plano Territorio Operacional Sistema San Pedro de La Paz – Parque Industrial Coronel** (Fuente: Superintendencia Servicios Sanitarios, 2014 (SISS)).

#### 3.2 Área del Proyecto y Situación Geográfica

##### Limites Generales<sup>2</sup>

Coronel es una comuna de la Provincia de Concepción, Región del Bío-Bío, ubicada a 30 km al sur de Concepción, conformando junto a la comuna de Lota, el extremo sur del área metropolitana del Gran Concepción. La superficie total de la comuna es de 279 km<sup>2</sup>, siendo 99 km<sup>2</sup> superficie urbana y 180 km<sup>2</sup> rural.

<sup>2</sup> Fuente: INE, 2007

El territorio de la comuna limita al norte con las comunas de San Pedro de la Paz, Chiguayante y Hualqui; al sur con las comunas de Lota y Santa Juana; al este con la comuna de Hualqui, y al oeste, con el Océano Pacífico.

Por otro lado, San Pedro de la Paz es una comuna perteneciente a la provincia de Concepción, Región del Biobío. Está situada al sur y al poniente del río Bío Bío.

Está considerada dentro del área metropolitana del Gran Concepción, limitando al norte con la comuna de Hualpén, al noreste con la comuna de Concepción, al este con la comuna de Chiguayante, al sur con la comuna de Coronel, y al oeste con el Océano Pacífico.

### **Relieve<sup>3</sup>**

Se identifican cuatro formas básicas de relieve, que son: Planicie Litoral o Costera, Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Cordillera de los Andes, además de otras formas constituidas por la Montaña.

**Planicie Litoral o Costeras:** Al Norte del río Bío-Bío se presenta una costa acantilada, con reducidas planicies litorales; en cambio, al Sur de este río tenemos un aplanamiento denominado Arauco-Cañete, el que se presenta amplio y con terrazas marinas que alcanzan un ancho medio de 25 km. Es en esta zona donde se encuentra la mayor riqueza carbonífera del país.

**Cordillera de la Costa:** En el sector norte de la región, esta cordillera se diluye en una serie muy compleja de lomeríos con cuencas inter-montañas de reducido espacio, dedicadas especialmente a viñas de secano; tal es el caso de la cuenca de Quirihue. Desde el curso inferior del río Itata al sur, las altitudes de la cordillera vuelven a manifestarse con valores cercanos a los 650 m enmarcando el valle del río Andalién.

Al sur del río Bío-Bío, la Cordillera de la Costa se eleva bruscamente sobre los 1.000 m y adquiere el aspecto de un muro; es la llamada Cordillera de Nahuelbuta. Su ancho máximo lo alcanza entre Cañete y Angol con 50 km de extensión y sus alturas culminantes son los cerros Nahuel (1.472 m) y Alto de los Pinos (1.422 m).

**Depresión Intermedia:** Se presenta muy amplia en la parte Norte de la región, 100 km a la latitud de Chillán; a medida que se avanza hacia el sur se va estrechando. Al Sur del río Bío-Bío, pierde el carácter de llanura para transformarse en fuertemente ondulada.

**Cordillera de los Andes:** Se presenta continua, con altitudes superiores a 2.000 m destacando en su parte occidental numerosos volcanes, entre los que destacan Nevados de Chillán (3.122 m), Antuco (2.985 m) y Callaqui (3.080 m); en su parte oriental las altitudes promedian los 2.500 m.

**Montaña:** Se sitúa entre la Depresión Intermedia y la Cordillera de los Andes, correspondiendo a un relieve precordillerano constituido por colinas de altitudes poco considerable y fáciles de identificar por encontrarse a menudo cubiertas de bosques.

<sup>3</sup> Fuente: INE, 2007



## Clima<sup>4</sup>

Desde el punto de vista climático, esta región presenta en forma general 3 tipos que son: Templado Cálido con Estación Seca Corta, Clima Templado Lluvioso y Clima de Altura.

**Clima Templado Cálido con Estación Seca Corta:** Presenta pequeñas diferencias térmicas entre el interior y el sector costero, pero por lo general las precipitaciones van en aumento a medida que se avanza en latitud. En cuanto a las temperaturas, las oscilaciones anuales son más bajas en la costa que en el interior, debido a la influencia moderadora del mar: Concepción 11,6°C, Chillán 12,8°C.

**Clima Templado Lluvioso:** En el sector en que se ubica la localidad de Contulmo predomina este tipo climático con un aumento considerable de las precipitaciones (1.925 mm). No encontrándose ningún mes del año que pudiera considerarse seco.

**Clima de Altura:** En la alta cordillera andina, predomina este tipo climático, en que las precipitaciones son abundantes, especialmente de tipo nivoso; el promedio de las temperaturas desciende notablemente por efecto de la altitud.

Las precipitaciones se concentran en los meses de invierno por la frecuencia de pasaje del Frente Polar, que determina períodos de tres a cuatro días con precipitaciones más o menos continuas. Las intensidades máximas de lluvias, mensuales registradas entre 1965 y 1992 (Estación Bellavista) fue de 500 mm en junio de 1974 y las intensidades máximas de precipitaciones para 3 días consecutivos con lluvias han sido para el periodo de 1965 a 1992, en casos extremos: junio de 1974 con un total de 242,2 mm, mayo de 1992 con 195,4 mm y noviembre de 1986 con 177,8 mm.

Estos casos extremos deben tenerse como referencia de situaciones pluviométricas potenciales de riesgos tanto para la población urbana como para la rural, debido a los eventos de anegamientos y desbordes de ríos y esteros locales, además de desplazamientos de terreno en cerros y laderas. Según las tipologías climáticas difundidas en los últimos años, la comuna de Coronel posee un Clima Mediterráneo de Costa Occidental, tipo Cordillera de la Costa, con amplitud térmica moderada, actuando como regulador térmico la proximidad con el Océano Pacífico.

Según los datos registrados por las estaciones de monitoreo de la calidad del aire y parámetros meteorológicos localizadas en Coronel, se puede apreciar una variación anual que oscila entre los 15°C promedio en los meses de verano y los 10°C promedio para los meses de invierno, alcanzando máximas de 26°C en verano y mínimas que llegan a los 0,4°C en invierno.

En cuanto a la Humedad Relativa del Aire, se presentan valores promedio superiores al 66 %, indistintamente de la época del año, con valores mínimos de Humedad Relativa en torno al 15 % en los meses de verano.

La localización de la ciudad de Coronel en la vertiente occidental del macizo costero, recibe de frente los vientos sur (SSW y S) en temporadas de verano y del noroeste (NE) en invierno, generalmente ligados a perturbaciones de mal tiempo, lo que

<sup>4</sup> Fuente: INE, 2007.

contribuye a reforzar las precipitaciones en el área. El predominio del viento nocturno proviene del este (ENE) y el diurno del sur (SSW y S), lo que queda determinado en condiciones de buen tiempo por el flujo de brisa de tierra-mar y mar-tierra respectivamente. La transición entre la circulación nocturna de la diurna ocurre durante la mañana entre las 9 AM y 10 AM, periodo en el cual se desarrollan vientos cercanos a la calma.

Los datos pluviométricos indican que Coronel urbano tiene un promedio anual de 1.256,2 mm. (30 años).

Por último, la Cordillera de Nahuelbuta origina verdaderos islotes de microclima.

### **Hidrografía<sup>5</sup>**

Los ríos en esta región se caracterizan por tener un régimen pluvio-nivoso con dos llenas en el año, una en verano y otra en invierno; los dos ríos más importantes que drenan a la región son el Itata y el Bío-Bío.

El río Itata nace en la parte externa de la Cordillera de los Andes por la confluencia de los esteros Cholguán y el Itatita, escurre en dirección Norte-Oeste, atravesando la Depresión Intermedia. Algunos de los principales afluentes que recibe en su recorrido son los ríos Diguillín, Larqui y Ñuble. Su hoya hidrográfica es de 11.200 km<sup>2</sup>, después de recorrer 230 km desemboca en el Océano Pacífico con un caudal de 140 m<sup>3</sup>/seg.

El río Bío-Bío, uno de los más importantes del país, nace en las lagunas Gualletué e Icalma, a lo largo de su recorrido va colectando a una serie de tributarios, estacando los ríos Vergara y Laja. Su hoya hidrográfica es de 24.000 km<sup>2</sup>, en su curso inferior lleva un caudal que fluctúa entre 700 y 1.000 m<sup>3</sup>/seg, siendo aventajado en su caudal sólo por el río Baker. Presenta dos máximas en el año, siendo la mayor en el periodo invernal y una mínima entre los meses de enero y abril.

### **Población<sup>6</sup>**

El sector de San Pedro de la Paz ha presentado un notorio crecimiento residencial desde la década de 2000, apreciable en los parques residenciales Portal de San Pedro, San Pedro del Valle y el conjunto residencial Olas. Esto ha significado un crecimiento económico y comercial para la comuna, que se ha reflejado en la diversificación de restaurantes y pubs ubicados en el sector de la Villa Llacolén.

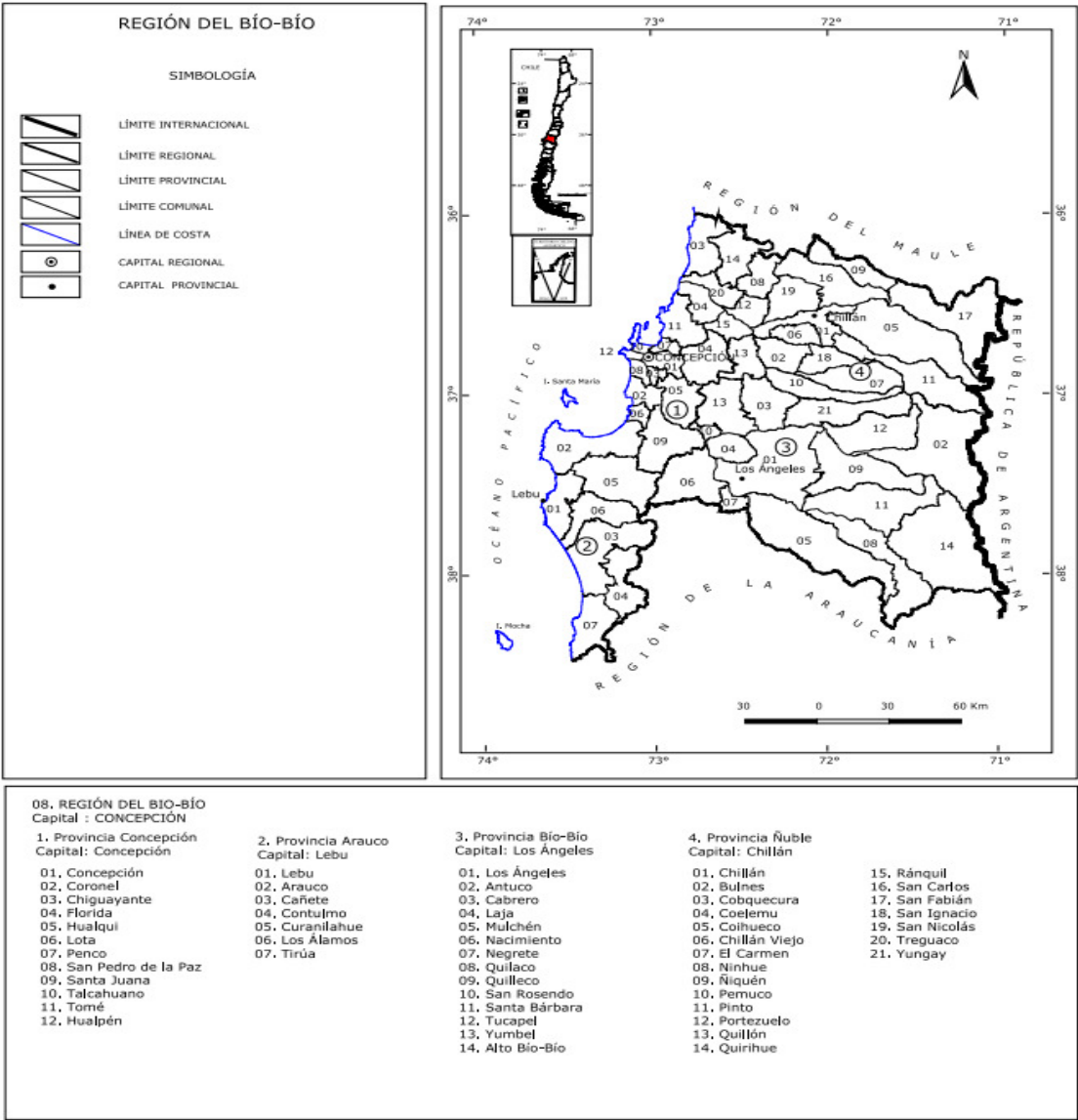
También se han abierto diversas clínicas que tienen sus casas matrices en Concepción, tales como el Sanatorio Alemán y la Clínica Universitaria, además de la apertura de gimnasios, bulevares, farmacias, diversos supermercados y colegios tales como el Colegio Alemán, Saint Johns y Santísima Trinidad.

---

<sup>5</sup> Fuente: INE, 2007

<sup>6</sup> Fuente INE, 2007

En la figura 3.2, se muestra la situación geográfica de la ciudad (Región del Biobío comunas de Coronel y San Pedro de La Paz):



FUENTE: INE, 2007

Figura 3.2: Situación Geográfica de la Ciudad (Fuente: INE, 2007)

## 4. CATASTRO Y DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA SANITARIA EXISTENTE

En este capítulo se detalla todo lo referente a la infraestructura existente y en operación de los servicios de agua potable y alcantarillado. Este catastro se fundamenta en la base de infraestructura existente en la concesión “San Pedro de La Paz - PIC”, comunas de San Pedro de La Paz y Coronel, actualizado a diciembre del 2013.

En este estudio se incorporan esquemas representativos del funcionamiento de los sistemas de agua potable y aguas servidas de la concesión “San Pedro de La Paz – Parque Industrial Coronel”.

Asimismo, se adjuntan planos referenciales con curvas de nivel y curvas de presión de servicio, con la infraestructura existente y proyectada del servicio de agua potable donde se detallará la ubicación de las obras relevantes tales como fuentes y/o captaciones, plantas de tratamiento, conducciones mayores, plantas elevadoras, estanques, principales alimentadoras, estación de reductoras de presión, etc., según los estándares exigidos por la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

Adicionalmente, se presentan las curvas de nivel con la infraestructura existente y proyectada de aguas servidas donde se detallará la ubicación de las obras relevantes tales como, colectores principales, plantas elevadoras, Interceptoras, plantas elevadoras, plantas de tratamiento, etc., según los estándares de la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

También se aborda en el presente capítulo, el diagnóstico del estado de las obras existentes en los recintos de la concesión San Pedro de La Paz - PIC, según lo indicado por la SISS en su “Guía De Elaboración De Los Planes De Desarrollo” de Noviembre del 2009, en su capítulo 2.2, “Diagnóstico del estado de la Infraestructura”.

### 4.1 Catastro de Infraestructura Existente

El catastro se basa en la información entregada por Aguas San Pedro S.A. a la Superintendencia del ramo, a través de los protocolos de información denominados PR012001 Base de Infraestructura Sanitaria (NBI) actualizada a diciembre de 2013 y de la información recopilada en terreno.

El sistema San Pedro de La Paz – PIC está compuesto por 27 recintos con una superficie total de 39.539 m<sup>2</sup> y es donde se emplaza la infraestructura sanitaria de la empresa San Pedro S.A.

En la tabla 4.1 se presenta el resumen de los recintos y la infraestructura existente en la concesión San Pedro de La Paz Coronel, que corresponde a la infraestructura sanitaria que se verifica en el presente estudio.

Tabla 4.1 Recintos Existentes Sistema San Pedro de La Paz – PIC

Localidad	Etap	Nombre Recinto	Superficie (m2)
PIC-San Pedro	Producción	PTAP PIC 01	8.135,5
	Producción	PTAP MONTAHUE 01	2.429,1
	Producción	RECINTO PRODUCCION PIONEROS	620,0
	Producción	RECINTO PRODUCCION FORESTA TK	540,0
	Producción	RECINTO PRODUCCION FORESTA	N/A
	Producción	RECINTO PRODUCCION ROSARIO	848,8
	Producción	RECINTO CAPTACION MONTAHUE	240,7
	Disposición	PTAS CORONEL	20.658,6
	Recolección	PEAS PIC	1.202,6
	Recolección	PEAS LICEO LA MADERA	N/A
	Recolección	PEAS SPK	N/A
	Recolección	PEAS NORAMCO	N/A
	Recolección	PEAS TROMEN	N/A
	Recolección	PEAS GALILEA 1	361,9
	Recolección	PEAS POLPAICO	N/A(*)
	Recolección	PEAS GALILEA 2	N/A(*)
	Recolección	PEAS MONTAHUE	407,2
	Recolección	PEAS CONAVICOP	383,0
	Recolección	PEAS SOCOVESA	122,4
	Recolección	PEAS FOURCADE	766,0
	Recolección	PEAS EL AVELLANO	321,0
	Recolección	PEAS NORTE	1.224,2
	Recolección	PEAS SPV	396,5
	Recolección	PEAS MASISA	N/A
	Recolección	PEAS ORIENTE	336,0
	Recolección	PEAS ESCUADRON POCURO	283,5
	Recolección	PEAS ENRIQUE MOLINA	262,0

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

En el Anexo 4 del presente estudio, se presenta detalle de la ubicación de los recintos e infraestructura sanitaria existente de las etapas de producción y distribución de agua potable y de recolección, disposición y tratamiento de las aguas servidas.

4.1.1. Servicio de Agua Potable

En el presente capítulo se presentan los cuadros de catastros que resumen la infraestructura sanitaria existente en la etapa de producción y distribución de agua potable que la empresa Aguas San Pedro S.A. posee en la VIII región, concesión San Pedro de La Paz-PIC donde se desarrolla el presente estudio.

#### 4.1.1.1. *Etapa de Producción*

##### **Fuentes y Derechos de Agua**

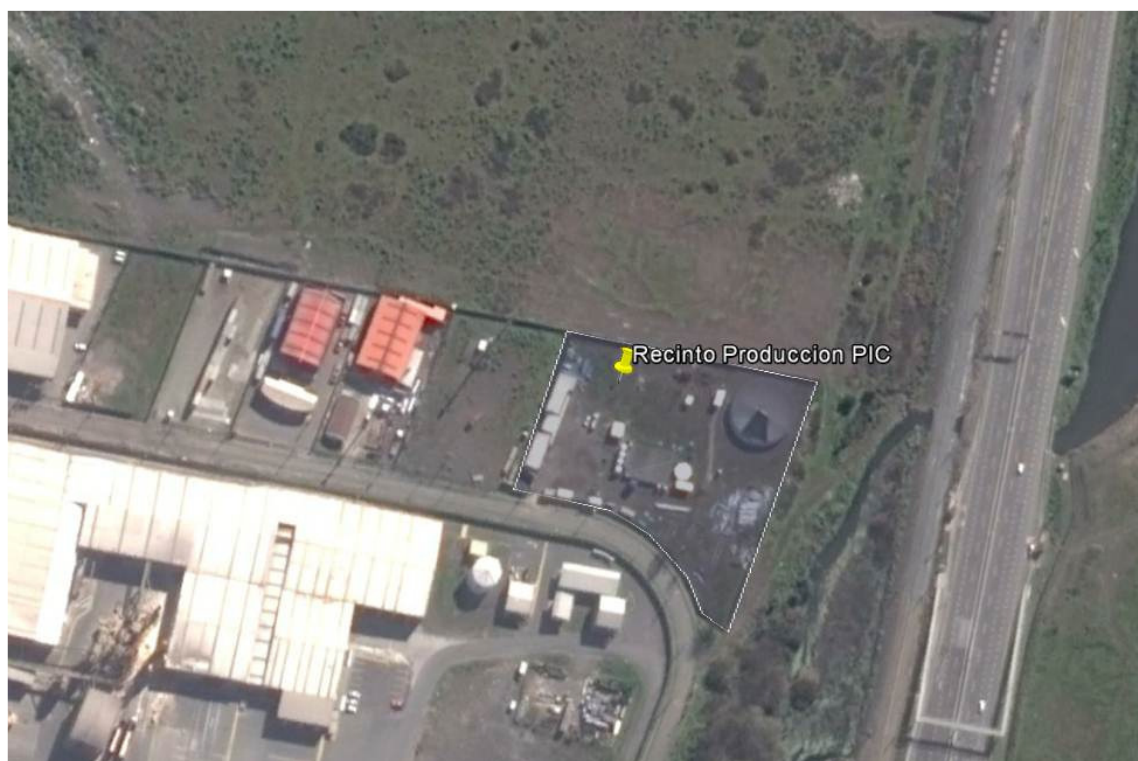
El agua potable para el abastecimiento de la concesión San Pedro de La Paz – PIC se obtiene de aguas subterráneas captadas del acuífero del río Biobío, las cuales a su vez se obtienen de cinco recintos productivos que se detallan a continuación:

1. Centro Productivo PIC
2. Centro Productivo Pioneros
3. Centro Productivo La Foresta
4. Centro Productivo Rosario
5. Centro Productivo Yobilo (52 Bis)

##### Recinto PIC

Corresponde a una captación subterránea compuestas por tres sondajes (PIC 01,03 y 5 A) y dos punteras (PIC 01 y 02), con capacidad de producción de 112,0 L/s y 48,0 L/s respectivamente; ubicados en el sector del Parque Industrial Coronel.

En figura 4.1 se presenta la ubicación el recinto de producción ubicado en el parque industrial coronel (PIC) en las coordenadas referidas al DATUM WGS84 Huso 18 Norte: 5.907.416; Este: 663.719

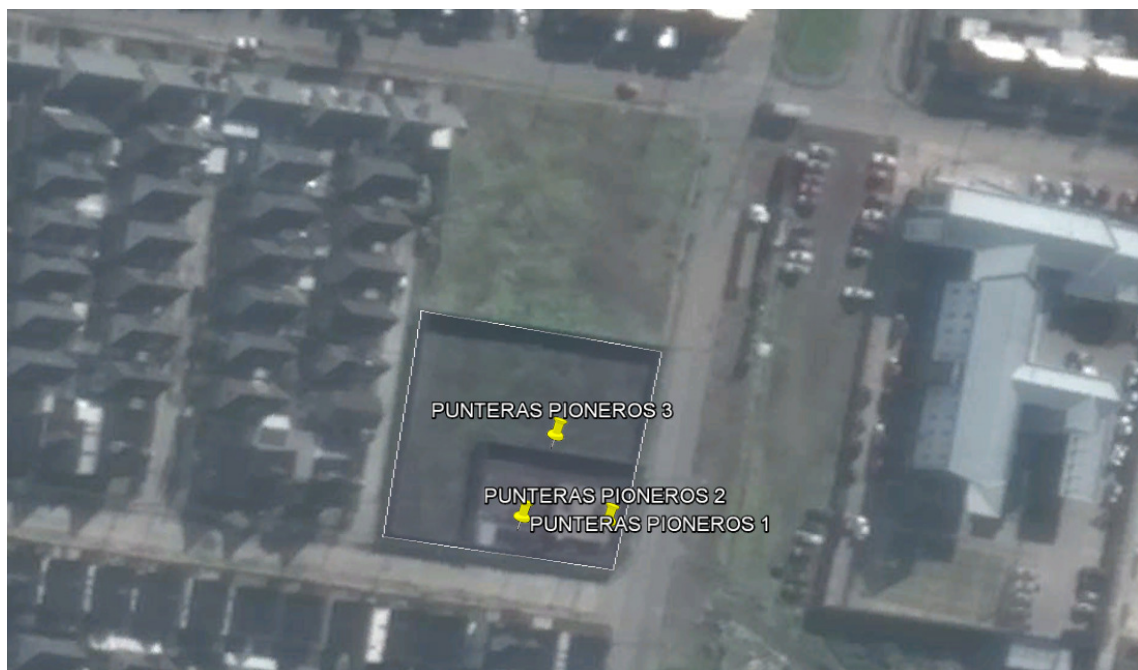


**Figura 4.1: Ubicación Recinto PIC** (Fuente: Google Earth, 2015)

### Recinto Pioneros

Corresponde a una captación subterránea tipo punteras (Pioneros 01, 02 y 03), con capacidad de producción de 46,8 ubicados en el sector de Pioneros.

En figura 4.2 se presenta la ubicación el recinto de producción ubicado en el sector de Pioneros, comuna de San Pedro de La Paz en las coordenadas referidas al DATUM WGS84 Huso 18 Norte: 5.919.612; Este: 665.911.



**Figura 4.2: Ubicación Recinto Pioneros** (Fuente: Google Earth, 2015)

### Recinto La Foresta

Corresponde a una captación subterránea tipo punteras, agrupados en cuatro punteras (La Foresta 1, 2, 3 y 4) con capacidad de producción de 43,2 L/s ubicados en el sector de La Foresta.

En figura 4.3 se presenta la ubicación el recinto de producción ubicado en el sector de La Foresta, comuna de San Pedro de La Paz en las coordenadas referidas al DATUM WGS84 Huso 18 Norte: 5.916.954; Este: 666.100.





**Figura 4.3: Ubicación Recinto La Foresta** (Fuente: Google Earth, 2015)

Recinto Rosario

Corresponde a una captación subterránea tipo punteras, agrupados en tres punteras (Rosario 01, 02 y 03) con capacidad de producción de 55,2 L/s, ubicados en el sector de Rosario.

En figura 4.4 se presenta la ubicación el recinto de producción ubicado en el sector de Rosario, comuna de San Pedro de La Paz en las coordenadas referidas al DATUM WGS84 Huso 18 Norte: 5.915.316; Este: 665.775.





**Figura 4.4: Ubicación Recinto Rosario** (Fuente: Google Earth, 2015)

Recinto Yobilo

Corresponde a una captación subterránea tipo sondaje (YOB 01), con capacidad de producción de 20,0 L/s, ubicados en el sector de Montahue.

En figura 4.5 se presenta la ubicación el recinto de producción ubicado en el sector de Yobilos, comuna Coronel en las coordenadas referidas al DATUM WGS84 Huso 18 Norte: 5.903.091; Este: 664.609.



**Figura 4.5: Ubicación Recinto Yobilo** (Fuente: Google Earth, 2015)

Las aguas subterráneas de cada centro de producción son impulsadas mediante elevación mecánica hasta el estanque de regulación semienterrado existente ubicado en el mismo recinto (Estanque PIC, Pioneros, La Foresta, Rosario) a excepción del estanque Montahue que están en recintos separados (1.800 m aproximadamente).

Las aguas captadas reciben tratamiento de desinfección mediante el agregado de hipoclorito de sodio directamente a la red de producción. En los recintos PIC y Montahue existe abatimiento de Fe y Mn.

Desde la tabla 4.2 hasta tabla 4.14 se detalla la capacidad instalada de cada infraestructura sanitaria existente en las etapas de producción y distribución de agua potable. Posteriormente se verifica su capacidad hidráulica con la proyección de demanda de consumo del sector, detallada en capítulo 6 “Proyección de Demanda”, considerando la incorporación de nuevos clientes. Asimismo, en el capítulo 7 “Balance Oferta Demanda” se verifica la necesidad real de invertir en infraestructura sanitaria al detectarse déficit hidráulico.

La empresa Aguas San Pedro S.A., cuenta con los siguientes derechos de agua para el abastecimiento de la concesión en estudio San Pedro de La Paz – Coronel:

Tabla 4.2: Derechos de agua y capacidad de las fuentes

Nombres	Caudal (l/s)	Puntos Captación Coordenadas Geográficas DATUM WGS 84			RES. DGA
		Huso 18			
		Tipo Fuente	ESTE	NORTE	
Río Biobío	100,0	Superficial	671.614	5.920.786	Inscripción CBR Fojas 1 N°1 del año 1998
Batería 24 punteras	100,0	Subterránea	666.111	5.917.208	Inscripción CBR Fojas 1 N°1 del año 2000
4 Pozos	120,0	Subterránea	663.776	5.907.431	Inscripción CBR Fojas 7 N°4 del año 1995

Fuente: Conservador de Bienes Raíces de Concepción, 2103.

El detalle de las captaciones existentes que abastecen la concesión en estudio se resume en la tabla 3.3 y tabla 3.4.

Tabla 4.3: Captaciones subterráneas. Sondajes

Nombre	Tipo	Profundidad (m)	Diámetro (Plg)	Nivel Estático (m)	Caudal de Diseño (L/s)	Capacidad Actual de Producción (L/s)
Pozo PIC 01	Sondaje	30	12	3,79	26	26
Pozo PIC 03	Sondaje	30	12	3,67	26	26
Pozo PIC 5A	Sondaje	36	12	3,73	60	60
Pozo YOB 01	Sondaje	25	12	2,53	20	20

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

Tabla 4.4: Captaciones Subterráneas. Punteras

Nombre	Tipo	Profundidad (m)	Nivel Estático (m)	Punteras (Nº)	Caudal Diseño (L/s)	Capacidad Actual Producción (L/s)
PIC 01	Puntera	12	3,45	12	24,0	24,0
PIC 02	Puntera	12	3,58	12	24,0	24,0
Rosario 01	Puntera	12	5,30	12	21,6	21,6
Rosario 02	Puntera	12	5,37	12	21,6	21,6
Rosario 03	Puntera	9	5,29	6	12,0	12,0
La Foresta 01	Puntera	12	4,37	6	16,2	16,2
La Foresta 02	Puntera	12	4,52	3	8,1	8,1
La Foresta 03	Puntera	12	4,47	3	8,1	8,1
La Foresta 04	Puntera	12	4,60	4	10,8	10,8
Pioneros 01	Puntera	12	4,20	6	17,4	17,4
Pioneros 02	Puntera	12	4,01	6	17,4	17,4
Pioneros 03	Puntera	10	4,05	6	12,0	12,0

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

Planta Elevadoras

El sistema en estudio San Pedro de La Paz-PIC cuenta con Plantas Elevadoras Tipo C (Pozo Profundo), según el siguiente detalle:

Tabla 4.5: PEAP Tipo C. Eje Vertical. Sondajes

Nombre	Tipo	Caudal (l/s)	Altura Geométrica (m)	Altura Manométrica (m)	Potencia Instalada (HP)
PEAP POZO PIC 01	C	27,2	8,7	26,0	14,74
PEAP POZO PIC 03	C	14	12,4	26,8	14,74
PEAP POZO PIC 5A	C	50	19,0	19,5	40
PEAP POZO YOB 01	C	20	74,8	90,0	34,84

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

El sistema en estudio San Pedro de La Paz-PIC cuenta con Plantas Elevadoras Tipo D (Punteras), según el siguiente detalle:

Tabla 4.6: PEAP Tipo D. Eje Horizontal. Punteras

Nombre	Tipo	Caudal Diseño (l/s)	Caudal Actual Producción (l/s)	Altura Geométrica (m)	Altura Manométrica (m)	Potencia Instalada (HP)
PEAP PIC 01	D	24	24	12,40	16,00	14,74
PEAP PIC 02	D	25	25	12,40	16,00	14,74
PEAP Rosario 01	D	22	22	9,35	10,00	14,74

Nombre	Tipo	Caudal Diseño (l/s)	Caudal Actual Producción (l/s)	Altura Geométrica (m)	Altura Manométrica (m)	Potencia Instalada (HP)
PEAP Rosario 02	D	22	22	9,35	10,20	44,22
PEAP Rosario 03	D	20	20	9,35	10,00	7,5
PEAP La Foresta 01	D	10,8	10,8	9,20	9,75	10,72
PEAP La Foresta 02	D	5,4	5,4	9,50	9,75	10,72
PEAP La Foresta 03	D	5,4	5,4	9,30	9,75	8,04
PEAP La Foresta 04	D	7,2	7,2	9,30	9,75	10,72
PEAP Pioneros 01	D	17	17	9,00	10,05	10,72
PEAP Pioneros 02	D	17	17	9,00	10,05	8,04
PEAP Pioneros 03	D	20	20	9,00	9,35	7,37

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

Plantas de Tratamiento de Agua Potable

El sistema en estudio San Pedro de La Paz –PIC considera tratamiento del agua cruda captada en sus fuentes de producción mediante un sistema de filtros en presión, cuyo detalle de la infraestructura existente se detalla en tabla 3.7

Tabla 4.7: Plantas de tratamiento de agua potable

Nombre	Tipo	Caudal Diseño (l/s)	Caudal Actual Tratamiento (l/s)	Desinfección (Si/No)	Flúor (Si/No)	Elemento a Abatir
PTAP PIC 01	FP	70,24	70,24	Si	No	Fe, Mn
PTAP Montahue	FP	12,06	12,06	Si	No	Fe, Mn

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

Conducciones de Agua Potable

La NCh 691 Of. 98 define las conducciones de agua potable como el transporte de agua por medio de tuberías o canalizaciones sin servicio domiciliario. Para el caso de la concesión San Pedro de La Paz – PIC las conducciones están compuestas por conducciones primarias y secundarias las cuales se definen a continuación:

- 1. Conducción primaria, entre fuentes de abastecimiento y elementos de regulación.
- 2. Conducción secundaria, entre elementos de regulación y red de distribución.

Las conducciones primarias y secundarias existentes en el sector de estudio se resumen en la tabla 3.8:

Tabla 4.8: Conducciones de producción

Nombre	Tipo	Diámetro (mm)	Longitud (m)				Total (m)
			A.C.	Acero	HDPE	PVC	
Impulsión Punteras PIC 01- T1	Impulsión	110				40,0	40,0
Impulsión Punteras PIC 01- T2	Impulsión	200				92,0	92,0
Impulsión Punteras PIC 02	Impulsión	110				8,0	8,0
Impulsión Sondaje PIC 01	Impulsión	110				4,0	4,0
Impulsión Sondaje PIC 03	Impulsión	200				25,0	25,0
Impulsión Sondaje PIC 5A	Impulsión	160				4,4	4,4
Impulsión Punteras Rosario 01	Impulsión	110				25,0	25,0
Impulsión Punteras Rosario 02	Impulsión	250				11,0	11,0
Impulsión Punteras Rosario 03	Impulsión	110				2,0	2,0
Impulsión Punteras Foresta 01	Impulsión	200				20,0	20,0
Impulsión Punteras Foresta 02	Impulsión	160				6,0	6,0
Impulsión Punteras Foresta 03	Impulsión	110				2,0	2,0
Impulsión Punteras Foresta 04	Impulsión	110				9,0	9,0
Impulsión Punteras Pioneros 01	Impulsión	110				34,0	34,0
Impulsión Punteras Pioneros 02	Impulsión	110				2,0	2,0
Impulsión Punteras Pioneros 03	Impulsión	110				28,0	28,0
Impulsión Sondaje Montahue	Impulsión	200				1.532,0	1.532,0

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

Sistema de Cloración

De acuerdo a lo exigido por la norma NCh 409 Of. 2005 la concesión en estudio San Pedro de La Paz – PIC considera la cloración de sus aguas captadas en sus fuentes de cloración y el detalle de su infraestructura existente se detalla en tabla 3.9:

Tabla 4.9: Centros de desinfección

Nombre	Tipo de Desinfección	Caudal de Diseño (l/s)	Capacidad Actual (l/s)
PIC 01	Gas Cloro	50	50
Rosario 01	Hipoclorito	45	45
Rosario 02	Hipoclorito	45	45
Foresta 01	Hipoclorito	45	45
Foresta 02	Hipoclorito	66	66
Pioneros 01	Hipoclorito	45	45
Pioneros 02	Hipoclorito	66	66
Montahue 01	Hipoclorito	20	20

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

4.1.1.2. Etapa de Distribución de Agua Potable

El resumen de la infraestructura sanitaria de distribución disponible en el área de estudio se resume en las tablas 3.10 hasta tabla 3.15:

Regulación

La NCh 691 Of. 98 define la regulación como el volumen de compensación entre caudales producidos y consumidos. En tabla 3.10 se detalla la infraestructura existente en esta etapa.

Tabla 4.10: Estanques de regulación

Nombre	Tipo	Material	Volumen (m3)	Altura Torre	Cota Radier (m)	Cota de Rebalse (m)
Estanque PIC 01	1	H.A.	800	n/a	12	15
Estanque PIC 04	1	H.A.	2.500	n/a	12	17
Estanque Rosario 01	1	H.A.	1.200	n/a	18,35	22,35
Estanque Foresta 01	1	H.A.	700	n/a	12,3	15,8
Estanque Pioneros 01	1	H.A.	400	n/a	11,3	15,3
Estanque Pioneros 02	1	H.A.	400	n/a	11,3	15,3
Estanque Montahue 01	1	H.A.	400	n/a	66,7	70,7

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

Planta Elevadoras de Agua Potable Tipo A (Eje horizontal)

La concesión en estudio San Pedro de La Paz – PIC considera plantas elevadoras de agua potable Tipo A (PEAP en cámara) según detalle en tabla 3.11:

Tabla 4.11: PEAP tipo A

Nombre	Tipo	Caudal (l/s)	Altura Geométrica (m)	Altura Manométrica (m)	Potencia Instalada (HP)
PEAP PIC 01	A	60	12,4	45	40,2
PEAP PIC 02	A	60	12,4	45	40,2
PEAP Rosario 01	A	44	9,75	45	40,2
PEAP La Foresta 01	A	66	9,35	45	40,2
PEAP Pioneros 01	A	66	7,0	45	60,3
PEAP Pioneros 02	A	66	7,0	45	40,2
PEAP Montahue 01	A	22,3	10,05	45	10,72

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

Conducciones de Distribución

En la tabla 3.12, se presenta el detalle de las conducciones existentes en la concesión en estudio, San Pedro de La Paz - PIC:

Tabla 4.12: Conducciones de distribución

Nombre	Tipo	Diámetro (mm)	Longitud(m)		
			HDPE	PVC	Total (m)
Impulsión Distribución PIC 1	Impulsión	300		1.000,0	1.000,0
Impulsión Distribución Rosario 1	Impulsión	250		250,0	250,0
Impulsión Distribución Foresta 1	Impulsión	250		200,0	200,0
Impulsión Distribución Pioneros 1	Impulsión	200		1.738,0	1.738,0
Conducción Estanque 01 a Estanque 02 Pioneros	Impulsión	200		5,0	5,0
Impulsión Agua Potable Macro Loteo Coronel	Impulsión	200		1.197,0	1.197,0
Impulsión Distribución. Coronel Sur	Impulsión	200		1.717,0	1.717,0

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

Red de Distribución

El sistema en estudio San Pedro de La Paz-PIC está compuesto por los siguientes sectores de distribución:

Tabla 4.13: Sectores de distribución

Sector de distribución	Recinto Productivo Asociado
PIC	Centro Productivo PIC
Pioneros	Centro Productivo Pioneros
La Foresta-Rosario	Centro Productivo La Foresta
	Centro Productivo Rosario
Montahue	Centro Productivo Yobilo (52 Bis)

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

En la tabla 3.14, se presenta el resumen de la red de distribución existente en el sector de estudio:

Tabla 4.14: Red de distribución

Sistema	Localidad	Diámetro (mm)	HDPE	PVC	Material Asb. Cem	Acero	Total
PIC-San Pedro	PIC	75	0	50,2	0	0	50,2
		90		357,0			357,0
		100		0,0			0,0
		110		26.985,7			26.985,7
		125		5.169,9			5.169,9
		140		541,2			541,2
		150		0,0			0,0
		160		3.275,5			3.275,5
		175		0,0			0,0
		200		5.422,4			5.422,4
		225		0,0			0,0
		250		1.078,9			1.078,9
		300		0,0			0,0
		315		1.857,0			1.857,0
		350		1.026,3			1.026,3
	La Foresta - Rosario	75		0,0			0,0
		90		6.348,8			6.348,8
		100		0,0			0,0
		110		34.511,4			34.511,4
		125		551,8			551,8
		140		2.403,4			2.403,4
		150		0,0			0,0
		160		4.498,50			4.498,5
		175		0,0			0,0
		200		1.729,0			1.729,0
		225		0,0			0,0
		250		5.686,0			5.686,0
		300		0,0			0,0
		315		79,3			79,3
	Pioneros	75		0,0			0,0
		90		348,0			348,0
		100		0,0			0,0
		110		8.712,3			8.712,3
		125		1.743,5			1.743,5
		140		1.453,0			1.453,0
		150		0,0			0,0
		160		657,0			657,0
		175		0,0			0,0
		200		5.161,0			5.161,0
		225		0,0			0,0
		250		1.348,0			1.348,0
		300		0,0			0,0
		315		1.204,0			1.204,0
	Enrique Molina	110		803,5			803,5
		140		247			247,0
		200		1223,2			1.223,2

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.



4.1.2. *Servicio de Alcantarillado*

4.1.2.1. *Etapas de Recolección de Aguas Servidas*

En el presente capítulo se presentan los cuadros de catastros que resumen la infraestructura sanitaria existente en la etapa de recolección de aguas servidas que la empresa Aguas San Pedro S.A. posee en la VIII región, concesión San Pedro de La Paz-PIC.

Las aguas servidas de origen doméstico e industrial generadas en la concesión San Pedro de La Paz – PIC son conducidas mediante elevación mecánica hasta la P.T.A.S. PIC ubicada en el sector del Parque Industrial de Coronel.

El catastro se basa conforme a lo estipulado en la guía de elaboración de los planes de desarrollo, la infraestructura existente a diciembre del 2013 y de la información recopilada en terreno.

El resumen de la infraestructura sanitaria de recolección disponible en el sector de concesión y estudio, se resume en los siguientes cuadros:

**Plantas Elevadoras de Recolección**

En tabla 4.15, se presenta el detalle de la P.E.A.S. existentes en el área de estudio.

**Tabla 4.15: PEAS de recolección. Tipo sumergibles**

Nombre	Caudal (l/s)	Altura Geométrica (m)	Altura Manométrica (m)	Potencia Instalada (HP)
Peas PIC	25,00	7,00	11,60	24,12
Peas Liceo La Madera	5,00	3,81	7,10	8,98
Peas SPK	32,00	1,40	12,00	20,10
Peas Noramco	12,00	1,40	13,00	9,92
Peas Tromen	12,00	1,40	13,00	9,92
Peas Galilea 1	47,10	10,28	12,30	17,96
Peas Polpaico	3,00	3,8	7,00	8,98
Peas Galilea 2	22,27	4,04	11,55	8,98
Peas Conavicoop	80,00	7,00	50,00	166,16
Peas Socovesa	24,00	6,00	13,00	15,81
Peas Fourcade	16,7	8,70	20,0	14,87
Peas El Avellano	15,00	7,50	10,90	8,31
Peas Norte	34,90	8,70	14,80	25,19
Peas SPV	43,70	5,45	12,70	23,72
Peas Masisa	12,00	3,02	10,30	9,92
Peas Escuadrón	64,12	4,57	21,30	72,40
Peas Loteo Enrique Molina	7,04	3,88	7,32	61,60
PEAS Montahue	23,36	7,02	18,62	20,1

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

Conducciones Aguas Servidas

El sistema de recolección en estudio, San Pedro de La Paz-PIC, considera conducciones de recolección de aguas servidas en esta etapa, según detalle contenido en tabla 4.16.

Tabla 4.16: Conducciones de recolección

Nombre	Tipo	Tramo	Diámetro (mm)	Longitud (m)		
				HDPE	PVC	Total (m)
Impulsión PEAS PIC	Impulsión	A	250		1.560,0	<b>1.560,0</b>
Impulsión PEAS La Madera	Impulsión	A	90		372,0	<b>372,0</b>
Impulsión PEAS SPK	Impulsión	A	200		371,0	<b>371,0</b>
Impulsión PEAS Noramco	Impulsión	A	160		222,0	<b>222,0</b>
Impulsión PEAS Tromen	Impulsión	A	200		1.369,0	<b>1.369,0</b>
Impulsión PEAS Tromen	Impulsión	B	200		159,0	<b>159,0</b>
Impulsión PEAS Galilea 1	Impulsión	A	90		366,0	<b>366,0</b>
Impulsión PEAS Polpaico	Impulsión	A	90		144,0	<b>144,0</b>
Impulsión PEAS Galilea 2	Impulsión	A	355		802,0	<b>802,0</b>
Impulsión PEAS Montahue	Impulsión	A	200		3.365,0	<b>3.365,0</b>
Impulsión PEAS Montahue	Impulsión	A	250		3.235,0	<b>3.235,0</b>
Impulsión PEAS Conavicoop	Impulsión	A	400		4.899,0	<b>4.899,0</b>
Impulsión PEAS Conavicoop	Impulsión	B	400		1.188,0	<b>1.188,0</b>
Impulsión PEAS Conavicoop	Impulsión	C	400		1.665,0	<b>1.665,0</b>
Impulsión PEAS Conavicoop	Impulsión	D	355		705,0	<b>705,0</b>
Impulsión PEAS Conavicoop	Impulsión	E	400		1.795,0	<b>1.795,0</b>
Impulsión PEAS Socovesa	Impulsión	A	250		470,0	<b>470,0</b>
Impulsión PEAS Socovesa	Impulsión	B	200		373,0	<b>373,0</b>
Impulsión PEAS Fourcade	Impulsión	A	250		947,0	<b>947,0</b>
Impulsión PEAS Avellano	Impulsión	A	200		1.187,0	<b>1.187,0</b>
Impulsión PEAS Norte	Impulsión	A	315		956,0	<b>956,0</b>
Impulsión PEAS Norte	Impulsión	B	315		1.652,0	<b>1.652,0</b>
Impulsión PEAS Norte	Impulsión	C	250		373,0	<b>373,0</b>
Impulsión PEAS Norte	Impulsión	D	250		1.726,0	<b>1.726,0</b>
Impulsión PEAS San Pedro del Valle	Impulsión	A	200		4.164,0	<b>4.164,0</b>
Impulsión PEAS Masisa	Impulsión	A	110		512,0	<b>512,0</b>
Impulsión PEAS Escuadrón	Impulsión	A	250		1.746,0	<b>1.746,0</b>
Impulsión PEAS Lote Enrique Molina	Impulsión	A	140		956,4	<b>956,4</b>

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

Red de Recolección Aguas Servidas

El sistema en estudio, San Pedro de La Paz – PIC, está dividida en 15 sectores de recolección y el detalle de la red de colectores existentes en el área de estudio San Pedro de La Paz – PIC se detalla en tabla 4.17.

Tabla 4.17: Red de recolección

Sistema	Localidad	Diámetro (mm)	HDPE	Longitud (m)		Total
				PVC	Asb. Cem	
San Pedro de La Paz-PIC	PEAS Polpaico	180	60,0 1.000,0	490,0		490,0
		200		805,0		805,0
	PEAS PIC	180		3.491,5		3.491,5
		200		2.934,0		2.934,0
		250		931,0		931,0
		315		303,0		303,0
		180		476		476,0
	PEAS Liceo La Madera	160		3.581,2		3.581,2
		180		5.411,7		5.411,7
	PEAS Galilea 1 y 2	200		2.513,9		2.513,9
		250		946,5		946,5
		450		102		102,0
	PEAS Tremen	180		993		993,0
		200		516		516,0
		250		355,0		355,0
	PEAS Noramco	180		1.102,0		1.102,0
		200		770,0		770,0
	PEAS SPK	180		2.050,0		2.050,0
		200		447,0		447,0
	PEAS Conavicoop	180		9.580,4		9.580,4
		200		7.271,7		7.271,7
		250		1.691,0		1.691,0
		315		473,0		473,0
		180		6.629,1		6.629,1
		200		5.144,8		5.144,8
		250		103,3		103,3
		315		890,0		890,0
		400		784,8		844,8
		450				1.000,0
	PEAS Socovesa	180		4.779,7		4.779,7
		200		192,3		192,3
	PEAS Fourcade	180		943,9		943,9
		200		5.626,6		5.626,6
		250		641,0		641,0
		315		407,0		407,0
		400		239,0		239,0
	PEAS El Avellano	180		2.149,1		2.149,1
		200		2.441,5		2.441,5
		250		674,0		674,0
	PEAS Norte	180		4.993,6		4.993,6
		200		6.011,0		6.011,0
		250		1.739,0		1.739,0
		315		278,0		278,0
		355		558,0		558,0
		400		251,0		251,0
	PEAS Masisa	200		156,5		156,5
	PEAS SPDV	200		1.875,8		1.875,8
		180		122,7		122,7
	PEAS Escuadrón	180		2.175,0		2.175,0
		200		4.093,1		4.093,1

Sistema	Localidad	Diámetro (mm)	Longitud (m)			Total
			HDPE	PVC	Asb. Cem	
	PEAS Enrique Molina	250		360,7		360,7
		315		25,9		25,9
		180		467,0		467,0
		200		853,0		853,0
		315		172,0		172,0
	Total		1.060,0	103.013,3	0,0	104.073,3

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

4.1.2.2.      **Etapas de Tratamiento y Disposición de Aguas Servidas**

En el presente capítulo se presentan los cuadros de catastros que resumen la infraestructura sanitaria existente en la etapa de tratamiento y disposición de aguas servidas que la empresa Aguas San Pedro S.A. posee en la VIII región y que corresponde al área de estudio de la presente tesis.

Actualmente el Sistema San Pedro de La Paz – PIC cuenta con sistema de tratamiento de aguas servidas del tipo de Lodos Activados en modalidad convencional con pretratamiento y desinfección.

La disposición final de las aguas tratadas se efectúa en el océano pacífico mediante la conducción de sus aguas tratadas mediante un emisario submarino de Dn= 400 mm y 225 m de longitud.

El resumen de la infraestructura sanitaria de disposición existente en el sector de estudio se resume en las tablas 4.18 a tabla 4.20:

**Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas**

**Tabla 4.18: Planta de tratamiento aguas servidas**

Nombre	Tipo	Caudal Medio de Diseño (L/s)	Capacidad Actual Tratamiento (L/s)	Tratamiento Terciario	Desinfección
PTAS PIC (Etapa 1 y 2)	SBR	102,4	102,4	No	Si
PTAS PIC (Etapa 3, ampliación)	Lodos Activados	46,6	46,62	No	Si

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

Plantas de Tratamiento Preliminar de Aguas Servidas

Tabla 4.19: Plantas de tratamiento preliminar aguas servidas

Nombre	Rejas (Si/No)	Desarenador (Si/No)	Desgrasador (Si/No)	Caudal Máximo Horario de Diseño (L/s)	Capacidad Actual Tratamiento (L/s)
PTAS PIC (Etapa 1 y 2)	Si	Si	Si	192,8	192,8
PTAS PIC (Etapa 3, ampliación)	Si	Si	Si	88,0	88,0

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

Conducciones de Disposición

La infraestructura del Sistema San Pedro de La Paz-PIC considera en esta etapa conducciones de disposición según el siguiente detalle:

Tabla 4.20: Conducciones de disposición

Nombre	Diámetro (mm)	Longitud (m)				Total (m)
		A.C(mm).	Acero	HDPE	PVC	
Emisario Descarga PTAS	400	225				225

Fuente: Empresa de Servicios Sanitarios San Pedro S.A, 2013.

4.1.3. Esquemas y Cuadros de Infraestructura Existente

Para mejor claridad de cómo opera en la actualidad los sistemas de agua potable y aguas servidas de la sanitaria Aguas San Pedro S.A, en Anexo 2 se presenta el detalle de la infraestructura existente y el modelo de operación de las etapas de agua potable y agua servidas. En estos esquemas, se encuentra detalle de la infraestructura existente resumida en capítulo 4 de la presente tesis.

4.2 Diagnóstico de la Infraestructura Disponible

En los cuadros de catastro de infraestructura, tablas 4.22 y 4.23 se ha incluido una columna denominada “estado de uso”, en el cual se ha indicado la condición en que se encuentra la infraestructura existente. La metodología que se utiliza para clasificar el estado actual de la infraestructura sanitaria se obtiene la “Guía de Elaboración de los Planes de Desarrollo” elaborada por la SISS en su capítulo 2.2; “Diagnóstico del Estado de la Infraestructura” en su subcapítulo 2.2.1; “Obras Generales” la cual clasifica la infraestructura existente, según el siguiente criterio:

Tabla 4.21: Escala de conservación infraestructura sanitaria existente

B	: Si está en buenas condiciones.
R+	: Si está en condiciones mejores que regular.
R-	: Si está en condiciones menos que regular.
M	: Si está en malas condiciones.

Fuente: Guía para la elaboración de los Planes de Desarrollo de la Superintendencia de Servicios Sanitarios de Chile, 2009.

Las obras calificadas con R- y M deberán tener asociadas obras de mejoramiento, reparación o reposición en el Programa de Inversiones.

De acuerdo a los criterios antes descritos, según los estándares establecidos por la SISS, el diagnóstico de conservación de las estructuras existentes en el sistema San Pedro de La Paz - PIC se resume en el siguiente cuadro:

Tabla 4.22: Resumen diagnóstico infraestructura agua potable

Infraestructura	Conservación	Infraestructura	Conservación
Pozo PIC 01	B	Impulsión Punteras Pioneros 03	B
Pozo PIC 03	B	Impulsión Sondaje Montahue	B
Pozo PIC 5A	B	Centro Cloración PIC 01	B
Pozo YOB 01	B	Centro Cloración Rosario 01	B
Punteras PIC 01	R+	Centro Cloración Foresta 01	R+
Punteras PIC 02	R+	Centro Cloración Pioneros 01	R+
Punteras Rosario 01	B	Centro Cloración Pioneros 02	R+
Punteras Rosario 02	B	Centro Cloración Montahue 01	B
Punteras Rosario 03	B	Estanque PIC 01	B
Punteras La Foresta 01	B	Estanque PIC 04	B
Punteras La Foresta 02	B	Estanque Rosario 01	B
Punteras La Foresta 03	B	Estanque Foresta 01	B
Punteras La Foresta 04	B	Estanque Pioneros 01	R+
Punteras Pioneros 01	R+	Estanque Pioneros 02	B
Punteras Pioneros 02	R+	Estanque Montahue 01	B
Punteras Pioneros 03	B	PEAP PIC 02	B
PEAP Pozo PIC 01	B	PEAP Rosario 01	B

Infraestructura	Conservación	Infraestructura	Conservación
PEAP Pozo PIC 03	B	PEAP La Foresta 01	R+
PEAP Pozo PIC 5A	B	PEAP Pioneros 01	B
PEAP Pozo YOB 01	B	PEAP Pioneros 02	B
PEAP PIC 01	B	PEAP Montahue 01	B
PEAP PIC 02	B	Impulsión Distribución PIC 1	R+
PEAP Rosario 01	B	Impulsión Distribución Rosario 1	R+
PEAP Rosario 02	B	Impulsión Distribución Foresta 1	R+
PEAP Rosario 03	B	Impulsión Distribución Pioneros 1	R+
PEAP La Foresta 01	B	Impulsión Agua Potable Macro	B
PEAP La Foresta 02	B	Loteo Coronel	B
PEAP La Foresta 03	B	Impulsión Distribución. Coronel	B
PEAP La Foresta 04	B	Sur	B
PEAP Pioneros 01	B	GG PTAP PIC	R+
PEAP Pioneros 02	B	GG AP Foresta	R+
PEAP Pioneros 03	B	GG AP Rosario	B
PTAP PIC 01	B	GG AP Pioneros	R+
Impulsión Punteras PIC 01- T1	R+	Impulsión Punteras Foresta 01	R+
Impulsión Punteras PIC 01- T2	R+	Impulsión Punteras Foresta 02	R+
Impulsión Punteras PIC 02	R+	Impulsión Punteras Foresta 03	R+
Impulsión Sonda PIC 01	R+	Impulsión Punteras Foresta 04	R+
Impulsión Sonda PIC 03	R+	Impulsión Punteras Pioneros 01	B
Impulsión Sonda PIC 5A	B	Impulsión Punteras Pioneros 02	B
Impulsión Punteras Rosario 01	B	Impulsión Punteras Rosario 02	R+
		Impulsión Punteras Rosario 03	B

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Tabla 4.23: Resumen diagnóstico Infraestructura aguas servidas

Infraestructura	Conservación	Infraestructura	Conservación
Peas PIC	R+	GG PEAS SPK	B
Peas Liceo La Madera	R+	GG PEAS Masisa	B
Peas SPK	B	GG PEAS Polpaico	B
Peas Noramco	B	GG PEAS La Madera	B
Peas Tromen	R+	GG PEAS Escuadrón	B
Peas Galilea 1	B	GG PEAS Loteo Enrique Molina	B
Peas Polpaico	B	PTAS PIC	B
Peas Galilea 2	B	GG PTAS PIC	B
Peas Conavicoop	B	Emisario Descarga PTAS	R+
Peas Socovesa	B	GG PEAS Escuadrón	B
Peas Fourcade	B	Impulsión PEAS Conavicoop	R+
Peas El Avellano	B	Impulsión PEAS Conavicoop	R+
Peas Norte	B	Impulsión PEAS Conavicoop	R+
Peas SPV	R+	Impulsión PEAS Conavicoop	R+
Peas Masisa	B	Impulsión PEAS Conavicoop	R+
Peas Escuadrón	B	Impulsión PEAS Socovesa	R+
Peas Oriente	B	Impulsión PEAS Socovesa	R+
Peas Loteo Enrique Molina	B	Impulsión PEAS Fourcade	R+
Impulsión PEAS PIC	R+	Impulsión PEAS Avellano	R+
Impulsión PEAS La Madera	R+	Impulsión PEAS Norte	R+
Impulsión PEAS SPK	R+	Impulsión PEAS Norte	R+
Impulsión PEAS Noramco	R+	Impulsión PEAS Norte	R+
Impulsión PEAS Tromen	R+	Impulsión PEAS Norte	R+

Infraestructura	Conservación	Infraestructura	Conservación
Impulsión PEAS Tromen	R+	Impulsión PEAS San Pedro del Valle	B
Impulsión PEAS Galilea 1	R+	Impulsión PEAS Masisa	B
Impulsión PEAS Polpaico	B	Impulsión PEAS Escuadrón	B
Impulsión PEAS Galilea 2	R+	Impulsión PEAS Lote Enrique Molina	B
Impulsión PEAS Montahue	B	Impulsión PEAS Montahue	B

Fuente: Elaboración propia, 2014.

De la información presentada en tablas 4.22 y tabla 4.23 y de lo catastrado en terreno, se deduce que la infraestructura sanitaria existente en el área de estudio se encuentra en buenas condiciones, por lo que no es necesario proyectar obras de mejoramiento, reparación o reposición de acuerdo a la metodología establecida por la SISS, por lo que en la presente tesis no se considerará monto de inversión por este concepto.

4.3 Inversión en Reposición de Obras

La SISS establece en su metodología que las obras asociadas a R- y M deben asociarse a obras de reposición. De acuerdo a los resultados del diagnóstico de la infraestructura existente, presentado en el punto anterior, en la tabla 4.24 se definen las obras de reposición correspondientes.

Tabla 4.24: Inversiones en reposición de infraestructura sanitaria de agua potable y aguas servidas

Identificación de la obra	Etapas	Descripción	Año Inversión
No se definen Inversiones en reposición de Infraestructura	Producción		
No se definen Inversiones en reposición de Infraestructura	Distribución		
No se definen Inversiones en reposición de Infraestructura	Recolección		
No se definen Inversiones en reposición de Infraestructura	Disposición		

Fuente: Elaboración propia, 2014.

En el capítulo 5, que se detalla a continuación, se presentan las bases técnicas con que se verifica la capacidad hidráulica de las unidades existentes y las bases técnicas para la proyección de la demanda del sector de estudio. Los criterios de diseño y/o dimensionamiento para la proyección de caudales de consumos (L/s), dimensionamiento de impulsiones, acueductos, dimensionamiento de estanques de agua potable (m3), entre otras unidades, será lo establecido en la NCh de nuestro



País y se detallan en este capítulo 5 y el resultado se presenta en Anexo 5 “Análisis de la Demanda y Capacidad Hidráulica de la Infraestructura Sanitaria Existente”. El objetivo de lo anterior es dimensionar las unidades a nivel de prefactibilidad y comparar su capacidad con la demanda proyectada presentada en el capítulo 6 del presente estudio con el fin de detectar déficit en la infraestructura sanitaria existente y proponer obras de mitigación que garanticen la continuidad del servicio sanitario de la empresa durante un periodo de previsión de 15 años.

## 5. BASES DE CÁLCULO

### 5.1 Criterios de Diseño Proyección de Caudales de Agua Potable y Aguas Servidas

Para determinar los caudales de diseño se utiliza lo *indicado en la* NCh 691 Of. 98, donde indica que el caudal medio se obtiene según ecuación 5.1:

$$Q_{medAP} = \frac{Pob \times Dp \times Cob}{86.400 \times 100} (L/S) \quad (5.1)$$

en que:

Qmd = Caudal medio diario (L/s)

Pob. = Población a servir (hab)

DP = Dotación de producción anual (L/hab/día)

Cob = Cobertura anual (%)

El caudal máximo diario (Qmáxd), queda determinado por la ecuación 5.2:

$$Q_{máx} = F.D.M.C \times Q_{md} (L/s) \quad (5.2)$$

en que:

F.D.M.C = Factor del día de máximo consumo (adimensional)

Qmd = Caudal medio diario de agua potable (L/s)

De acuerdo a lo establecido en la NCh 691 Of. 98, el caudal máximo horario (Qmáxh), queda determinado por la ecuación 5.3:

$$Q_{máxh} = F.H.M.C \times Q_{máxd} (L/s) \quad (5.3)$$

en que:

F.H.M.C = Factor de la hora de máximo consumo (adimensional)

Qmáx = Caudal máximo diario de agua potable (L/s)

El caudal medio diario de aguas servidas se calcula en base al caudal medio diario de agua consumida (potable y fuentes propias). Se utiliza la dotación de consumo, la población a servir por el sistema de alcantarillado, el coeficiente de recuperación y el factor de capacidad de acuerdo con la relación siguiente:

$$Q_{medAS} = \frac{P \times D \times R \times C}{86.400} \text{ (L/s)} \quad (5.4)$$

en que:

$Q_{medAS}$  = caudal medio diario de aguas servidas, expresado en litros por segundo (L/s)

$P$  = población a servir, expresada en número de habitantes (hab);

$R$  = coeficiente de recuperación (adimensional);

$D$  = dotación de consumo de agua potable, expresada en litros por habitante por día (L/hab/día);

$C$  = factor de capacidad.

El caudal máximo horario, es el mayor caudal que puede escurrir en un periodo del día. Se utiliza para determinar la capacidad del sistema de alcantarillado, calculado para el final del periodo de previsión.

a) Para determinar este caudal en áreas con 1 000 o más habitantes se utiliza:

Coeficiente de Harmon, el que multiplicado por el caudal medio diario, entrega el caudal máximo horario.

$$Q_{máxhAS} = M \times Q_{medAS} \text{ (L/s)} \quad (5.5)$$

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}} \text{ (L/s)} \quad (5.6)$$

en que;

$M$  = coeficiente de Harmon;

$P$  = población servida ( $P > 1\,000$  habitantes);

$Q_{máxhAS}$  = caudal máximo horario aguas servidas (L/s)

$Q_{medAS}$  = caudal medio diario de aguas servidas (L/s)

b) Para poblaciones de menos de 100 habitantes (20 casas), se puede utilizar la tabla de caudales máximos instantáneos de la Boston Society of Civil Engineering (B.S.C.E.).

c) Para poblaciones comprendidas entre 100 y 1 000 habitantes, se interpola entre el valor entregado por la B.S.C.E. para 20 casas, que es 3,6 L/s, y el caudal máximo horario calculado para 1 000 habitantes con el coeficiente de Harmon u otro factor debidamente justificado.

5.2 Estanques de Regulación de Agua Potable

La capacidad instalada de los estanque de regulación existentes en el área de estudio se informa en el capítulo 4 de la presente tesis.

Para el dimensionamiento del volumen de regulación se utiliza lo indicado en la NCh 691.

De acuerdo a la NCh 691 Of.98, el cálculo de volumen de regulación se efectúa considerando el 15% del caudal máximo diario de distribución, más el volumen de incendio de “N” grifos (dependiendo de la población abastecida) equivalentes a 2 horas con un caudal de 16 l/s cada uno, o más un volumen de seguridad o reserva de 2 horas de consumo del caudal máximo diario (se debe considerar el máximo entre Vregulación + Vincendio; Vregulación + Vseguridad).

La NCh 691 Of.98 establece el número de grifos por habitantes. Lo anterior se presenta en tabla 5.1.

Tabla 5.1 Determinación volumen de incendio

Área servida, población en miles de habitantes	Número de grifo en uso simultáneo (“N”)	Volumen de incendio, mínimo en m³
Hasta 6	1	115
> 6 – 25	2	230
> 25 - 60	3	346
> 60 -15	5	576
> 150	6	690

Fuente: NCh 691, 1998.

5.3 Planta Elevadoras de Agua Potable y Aguas Servidas

La capacidad instalada de las plantas elevadoras de agua potable y aguas servidas se informa en el capítulo 4 de la presente tesis.

Para el dimensionamiento del pozo de acumulación de aguas servidas se considera lo establecido en la NCh 2472 Of. 2000, donde indica que el volumen mínimo del pozo húmedo se verifica para un máximo de 6 partidas por hora, es decir con un tiempo de ciclo mayor a los 10 minutos. Asimismo, se especifica que las aguas deben permanecer como máximo 30 minutos en el pozo, a caudal medio.

El tiempo del ciclo “tc”, entre partida y partida de la bomba, es:

$$t_c = t_{llenado} + t_{vaciado} \text{ (s)} \text{ (5.7)}$$

es decir:

$$t_c = \frac{V}{Q_e} + \frac{V}{Q_b - Q_e} \text{ (s)} \text{ (5.8)}$$

$Q_e$  = Caudal de entrada (L/s)

$Q_b$  = Caudal de bombeo (se contempla un 105% sobre el caudal máximo) (L/s)

$V$  = Volumen de acumulación del pozo (m<sup>3</sup>)

La situación más desfavorable, cuando el volumen requerido para la sentina se maximiza, se produce cuando el caudal afluente corresponde a la mitad del caudal de bombeo.

$$V_{\min} = \frac{Q_{\text{bombeo}} \cdot T_{\text{ciclo}}}{4} \text{ (m/s)} \quad (5.9)$$

#### 5.4 Tuberías gravitacionales

Las tuberías cuyo escurrimiento sea gravitacional son dimensionadas mediante la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{\sqrt{i} * \Omega R^{\frac{2}{3}}}{n} \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (5.10)$$

en que:

$Q$  = Caudal, (m<sup>3</sup>/s).

$\Omega$  = Área, (m<sup>2</sup>)

$R$  = Radio hidráulico (m).

$n$  = Coeficiente de rugosidad, adimensional.

$i$  = Pendiente del curso de agua, (o/1).

Según el número de Froude se verifica el tipo de régimen del escurrimiento, siendo régimen de río si el valor es menor a 1, régimen de torrente si es mayor a 1 y escurrimiento critico si es igual a 1. El número de Froude se calcula como:

$$F^2 = \frac{Q^2 L}{g \Omega^3} \quad (5.11)$$

#### 5.5 Tuberías en presión

La capacidad de conducción de las tuberías en presión se determina con la expresión de la ecuación 5.12

$$Q = VA \text{ (L/s)} \quad (5.12)$$

En que:

Q= Caudal máximo diario o horario (L/s)

V= Velocidad de conducción (m/s)

A= Área de la sección en metros (m<sup>2</sup>)

### Cálculo de pérdidas de carga friccionales (Hf)

Para el cálculo de las pérdidas friccionales en la conducción se ha utilizado la expresión de Hazen-Williams descrita en la ecuación 5.13 y 5.14:

$$H_f = r \cdot Q^{1,852} \text{ (m)} \quad (5.13)$$

$$r = 10,67 \cdot \left( \frac{1}{C_{hw}} \right)^{1,852} \cdot \frac{L}{D^{4,871}} \quad (5.14)$$

en que:

Q= Caudal de diseño (L/s).

D= Diámetro interior de la conducción (m)

C= Coeficiente de Rugosidad de Hazen-Williams

Para la cañería de HDPE se considera un coeficiente de rugosidad de C=145. Para la cañería de PVC se ha utilizado un coeficiente de Rugosidad C= 150.

### Cálculo de pérdidas de carga singulares (Hs)

Debido al trazado de la conducción las pérdidas singulares se estiman como un 10% de las pérdidas de carga friccionales (Hf).

$$H_s = 10\% H_f \text{ (m)} \quad (5.15)$$

### Pérdidas de carga totales (Ht)

Las pérdidas de carga totales quedan dadas por la ecuación 5.16:

$$H_t = H_g + H_f + H_s \text{ (m)} \quad (5.16)$$

en que:

$H_g$  = Altura geométrica (m)

$H_f$  = Perdida friccional (m)

$H_s$  = Perdida singular (m)

6. PROYECCIÓN DE DEMANDA

En este capítulo se analiza la proyección de la población, clientes y demanda de agua potable y alcantarillado de la concesión en estudio San Pedro de La Paz - PIC, con un horizonte de análisis de 15 años, donde el año 0 corresponde al año 2014 y cuyo año de término de análisis es el año 2029.

La proyección de la población, clientes y demanda de agua potable y alcantarillado está basada en la información estadística de la empresa para los periodos 2009-2013 (5 años) y considerará adicionalmente lo siguiente:

- Empresa real: % de pérdidas en las etapas de distribución y producción, infiltraciones y los coeficientes de coberturas que el prestador tenga definido para el periodo, debidamente sustentado de acuerdo a datos SIFAC.
- Variaciones de acuerdo a la última información de facturación de la empresa.
- Se deberán considerar las demandas de los compromisos contraídos por la aplicación del Art. 52 bis.

Adicionalmente, para determinar la proyección de demanda de agua potable se debe considerar la proyección de los coeficientes de consumo y las pérdidas producidas en las etapas de producción y distribución.

Asimismo, las proyecciones son las totales por servicio; no obstante en el capítulo de balances, se emplean las proyecciones de demandas por sector que sean requeridas. Estas proyecciones se indican por sector y se indican con el mismo detalle solicitado para las demandas totales correspondientes a este capítulo.

6.1 Proyección de Población y Clientes

En las tablas 6.1 y 6.2 se presenta la proyección de la población y clientes adoptada en esta tesis con sus respectivas tasas de crecimiento, de la concesión San Pedro de La Paz - PIC:

Tabla 6.1: Proyección población y clientes dentro territorio operacional sector residencial

Año	Año	Población	Clientes	Tasas de Crecimientos (%)	Tasas de Crecimientos (%)	Índice
		(Hab)	(Hab)	Población	Clientes	(Hab/viv)
0	2014	43.685	13.711	0,0%		3,19
1	2015	45.844	14.460	0,0%	5,5%	3,17
2	2016	47.173	14.954	2,9%	3,4%	3,15
3	2017	48.230	15.367	2,2%	2,8%	3,14
4	2018	49.288	15.782	2,2%	2,7%	3,12
5	2019	50.334	16.198	2,1%	2,6%	3,11
6	2020	51.368	16.614	2,1%	2,6%	3,09

Año	Año	Población	Clientes	Tasas de Crecimientos (%)	Tasas de Crecimientos (%)	Índice
		(Hab)	(Hab)	Población	Clientes	(Hab/viv)
7	2021	52.391	17.030	2,0%	2,5%	3,08
8	2022	53.402	17.446	1,9%	2,4%	3,06
9	2023	54.401	17.862	1,9%	2,4%	3,05
10	2024	55.390	18.278	1,8%	2,3%	3,03
11	2025	56.367	18.694	1,8%	2,3%	3,02
12	2.026	57.333	19.110	1,7%	2,2%	3,00
13	2027	58.288	19.525	1,7%	2,2%	2,99
14	2028	59.231	19.941	1,6%	2,1%	2,97
15	2029	60.164	20.357	1,6%	2,1%	2,96

Fuente: Aguas San Pedro S.A., 2014.

Tabla 6.2 Proyección clientes dentro territorio operacional  
Sector Industrial

Año	Año	Clientes	Tasas de Crecimientos (%)
		(Hab)	Clientes
0	2014	239	
1	2015	246	2,9%
2	2016	250	1,8%
3	2017	254	1,5%
4	2018	258	1,5%
5	2019	262	1,5%
6	2020	265	1,5%
7	2021	269	1,4%
8	2022	273	1,4%
9	2023	277	1,4%
10	2024	281	1,4%
11	2025	284	1,4%
12	2026	288	1,3%
13	2027	292	1,3%
14	2028	296	1,3%
15	2029	300	1,3%

Fuente: Aguas San Pedro S.A., 2014.

6.2 Coeficientes de Consumo

Los coeficientes de consumos se consideran de acuerdo a lo indicado en la NCh N° 691 Of. 98.

La NCh691 Of.98 define el coeficiente del mes de máximo consumo (CMMC) como el cuociente entre el mayor consumo mensual y el consumo medio mensual.

La NCh 691 Of. 98, define al factor del día de máximo consumo (F.D.M.C) como el producto entre el coeficiente del mes de máximo consumo (C.M.M.C.) y el

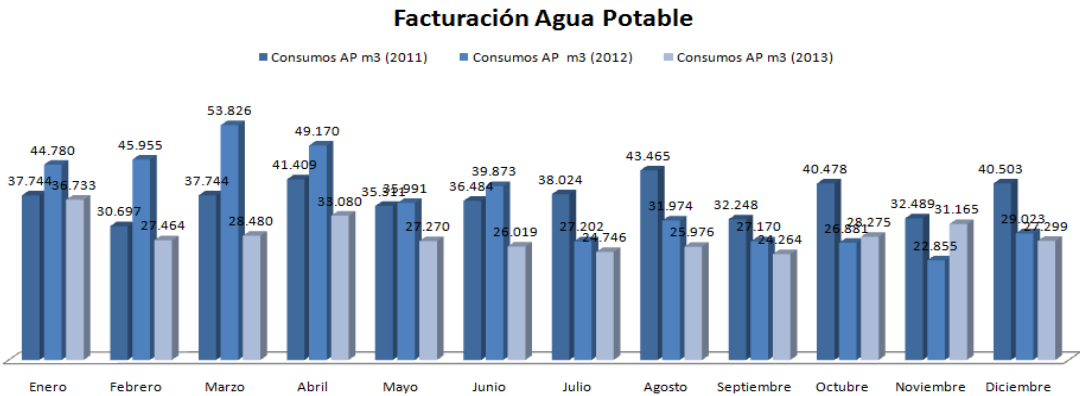


coeficiente del día de máximo consumo en el mes de máximo consumo (C.D.M.C.), donde el CDMC corresponde al cuociente entre el consumo máximo diario y el consumo promedio diario del mes de mayor consumo.

El factor de la hora de máximo consumo (F.M.H.C.), según la NCh 691, Of. 98, se obtiene como el cuociente entre el consumo máximo horario y el consumo promedio horario en el día de consumo máximo diario.

Para el cálculo del F.D.M.C se considera la facturación del sistema de los últimos tres años (sector Industrial y Residencial por separado) con la finalidad de obtener mayor representatividad del factor de dimensionamiento del día de máximo consumo del sector de estudio.

En la figura 6.1 y 6.2 se presenta la facturación de agua potable para el periodo 2011-2013, para el sector San Pedro de La Paz y Parque Industrial Coronel (PIC)

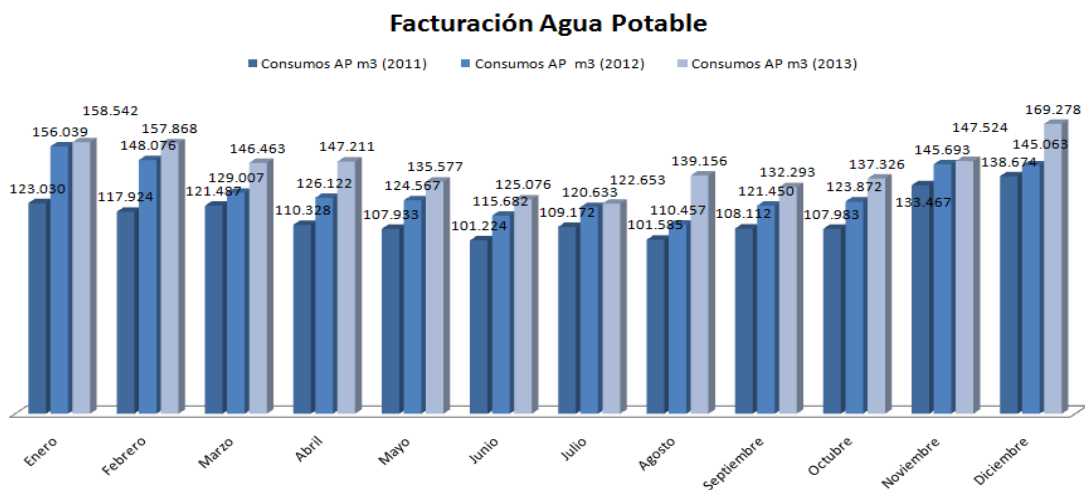


**Figura 6.1: Facturación Agua Potable; Sector PIC; Periodo 2011-2013** (Fuente: ASP, 2013)

**Tabla 6.3: Consumos totales periodo 2011-2013 sector PIC**

Detalle	Total
Consumos AP m3 (2011)	446.596
Consumos AP m3 (2012)	434.700
Consumos AP m3 (2013)	340.771

Fuente: Empresa sanitaria aguas San Pedro S.A.



**Figura 6.2: Facturación Agua Potable; Sector Residencial; Periodo 2011-2013** (Fuente: ASP, 2013)

**Tabla 6.4: Consumos totales periodo 2011-2013 Sector residencial**

Detalle	Total
Consumos AP m3 (2011)	1.380.919
Consumos AP m3 (2012)	1.566.662
Consumos AP m3 (2013)	1.718.968

Fuente: Empresa Sanitaria Aguas San Pedro S.A.

De acuerdo a lo indicado en la NCh 691, para obtener el F.D.M.C se debe calcular primeramente el C.M.M.C que corresponde al mayor valor obtenido entre el cuociente del máximo consumo anual (m3) y el promedio anual de consumos del periodo (m3) para ambos sectores abastecidos.

En la tabla 6.5 se resume lo anterior:

**Tabla 6.5: Cálculo del C.M.M.C. Sector industrial y residencial**

Industrial		Residencial	
<b>Máximos consumos año</b>		<b>Máximos consumos año</b>	
Max 2011	43.465	Max 2011	138.674
Max 2012	53.826	Max 2012	156.039
Max 2013	36.733	Max 2013	169.278
<b>Promedio anual consumos</b>		<b>Promedio anual consumos</b>	
Pro 2011	37.216	Pro 2011	115.077
Pro 2012	36.225	Pro 2012	130.555
Pro 2013	28.398	Pro 2013	143.247
<b>CMMC por Año (IND)</b>		<b>CMMC por Año (RES)</b>	
CMMC 2011	1,168	CMMC 2011	1,205
CMMC 2012	1,486	CMMC 2012	1,195
CMMC 2013	1,294	CMMC 2013	1,182

Industrial		Residencial	
CMMC	1,486	CMMC	1,205
CDMC	1,100	CDMC	1,100
FDMC	1,634	FDMC	1,326
FHMC	1,500	FHMC	1,500

Fuente: Elaboración propia, 2014.

De acuerdo a lo establecido en la NCh 691, el F.D.M.C se obtiene de la siguiente ecuación:

$$F.D.M.C= C.M.M.C * C.D.M.C \text{ (6.1)}$$

donde,

F.D.M.C= Factor del día de máximo consumo (adimensional)  
C.M.M.C= Coeficiente del mes del máximo consumo (adimensional)  
C.D.M.C= Coeficiente del día de máximo consumo en el mes de máximo consumo (adimensional)

De acuerdo a lo recomendado por la Superintendencia del ramo para este tipo de proyecciones, se ha considerado el C.D.M.C = 1,1 por lo que se obtiene un F.D.M.C= 1,634 para el sector Industrial.

De acuerdo a lo recomendado por la Superintendencia del ramo, para este tipo de proyecciones, se ha considerado el C.D.M.C = 1,1 por lo que se obtiene un F.D.M.C= 1,326 para el sector Residencial.

Los coeficientes de consumo considerados para la proyección de los caudales de producción de agua potable se resumen en tablas 6.6 y 6.7:

Tabla 6.6: Coeficientes de consumo sector PIC

Localidad	Coeficientes de Máximo Consumo			
	CMMC	CDMC	FDMC	FHMC
San Pedro de La Paz -PIC	1,486	1,10	1,634	1,50

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Tabla 6.7: Coeficientes de consumo sector residencial

Localidad	Coeficientes de Máximo Consumo			
	CMMC	CDMC	FDMC	FHMC
San Pedro de La Paz -PIC	1,205	1,10	1,326	1,50

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Estos factores de diseño se utilizan para la proyección de demanda de agua potable y aguas servidas del capítulo 6 de la presente tesis.

6.3 Cálculo de Pérdidas

Se consideran pérdidas en la etapa de producción del orden del 3%<sup>7</sup> debido al uso de una planta de tratamiento de agua potable del tipo Filtros en Presión en aquellos sectores de distribución que tienen tratamiento para abatimiento de fierro manganeso (PIC).

Las pérdidas de distribución se obtienen de la diferencia de medición entre los valores producidos de agua potable versus los valores facturados por la empresa en esta localidad medidos en metros cúbicos (m³). De esta diferencia se obtiene un porcentaje de pérdida en la distribución de agua potable con el cual se determina los caudales de producción. Para determinar las pérdidas en distribución del sistema San Pedro de la Paz – PIC se utilizan las mediciones informadas por Aguas San Pedro S.A. en el SIFAC a la Superintendencia de Servicios Sanitarios. Estas mediciones se obtienen del macromedidor instalado a la entrada del estanque de regulación y la facturación corresponde a la información entregada por la empresa a la SISS en el periodo de análisis del presente estudio. Cabe destacar que las pérdidas adoptadas se mantienen constantes durante todo el periodo de proyección y corresponde al promedio de los últimos dos años.

En tabla 6.8 se indican los valores de producción y facturación para el periodo 2012-2013:

**Tabla 6.8: Producción y facturación periodo 2012-2013**

<b>Sistema San Pedro-PIC</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Producción	3.170.160	3.788.563
Facturación	2.001.362	2.059.739
Pérdida	36,9%	45,6%
<b>Promedio Pérdidas</b>	<b>41,3%</b>	

Fuente: Empresa Sanitaria Aguas San Pedro S.A., 2013.

Las pérdidas en distribución que se consideran en la proyección de los caudales de distribución para el presente estudio, corresponden al promedio anual de las pérdidas del sistema entre los años 2012 y 2013. De acuerdo a lo anterior la pérdida considerada corresponde a 41,3 %, que corresponde a un valor que esta sobre la media nacional de acuerdo a lo informado por la SISS en su informe de gestión 2014 con un valor promedio de todas las sanitarias del país de 33,65<sup>8</sup>%, pero que representa la realidad de la empresa. La empresa puede considerar mejorar este valor de perdidas considerando una campaña de monitoreo de presiones que permita detectar fugas en su red de distribución y programa de control de ilícitos para disminuir el porcentaje de sus aguas no facturadas (ANF).

6.4 Proyección Demanda de Agua Potable

<sup>7</sup> El valor considerado corresponde a servicios de retrolavado de Filtros y limpieza. ASP S.A., 2014.

<sup>8</sup> Informe Gestión de Gestión del Sector Sanitario, 2014

La concesión San Pedro de La Paz está distribuida en cinco sectores de distribución, los cuales se detallan a continuación:

- Sector de Distribución PIC
- Sector de Distribución Pioneros
- Sector de Distribución La Foresta-Rosario
- Sector de Distribución Enrique Molina
- Sector de Distribución Montahue (clientes 52 Bis).

El sector de distribución Enrique Molina se abastece desde el sector 52 Bis<sup>9</sup> el cual cuenta con fuente propia de producción y sistema de regulación independiente al sistema regulado.

En tabla 6.9 se presenta la distribución de clientes y consumos proporcionada por la empresa Aguas San Pedro S.A. que es la base para la proyección de demanda de agua potable por sector de distribución, necesaria para la verificación hidráulica que se realizará en el capítulo 7.

**Tabla 6.9: Distribución clientes y consumos regulados**

Detalle	Clientes AP	Consumos AP
PIC	19%	15%
Pioneros	24%	30%
La Foresta-Rosario	55%	54%
Enrique Molina	2%	1%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Empresa Sanitaria Aguas San Pedro S.A., 2013.

De acuerdo a las bases de cálculo establecidas en capítulo 5, acápite 5.1 “Criterios de Diseño Proyección de Caudales de Agua Potable y Aguas Servidas”, la proyección de población y clientes determinados en capítulo 6, acápite 6.1 “Proyección de Población y Clientes” y los factores de dimensionamiento determinados en el acápite 6.2 “Coeficientes de consumo” en la tabla 5.10, se presenta la proyección de la demanda de agua potable total estimada para el sector en estudio y cuyo detalle por sector de distribución se presenta en el Anexo 6 “Proyección Demanda de Agua Potable” adjunto al presente estudio.

La proyección de demanda de agua potable que se presenta a continuación, cuyo respaldo se presenta en Anexo 6 “Proyección Demanda de Agua Potable” es pieza clave del presente estudio, ya que con esta proyección de demanda y el predimensionamiento de la obras indicadas en Anexo 5 “Análisis de Demanda y Capacidad Hidráulica de la infraestructura Sanitaria Existente” se verifica la oferta en capacidad de la unidades existentes versus la proyección de la demanda estimada. El resultado del análisis anterior se presenta en el capítulo 7 “Balance Oferta-Demanda” del presente estudio.

<sup>9</sup> Clientes 52 Bis corresponde a los clientes fuera del territorio operacional abastecidos desde el sistema San Pedro de La Paz-PIC. Su proyección se adjunta en Anexo 6 del presente estudio.

En tabla 6.10 se presenta la proyección de demanda total de agua potable determinada para el área de estudio de la presente tesis. En Anexo 6 se presenta la demanda por sector de distribución.

**Tabla 6.10: Proyección de demanda de agua potable  
Consolidado sistema San Pedro de La Paz-PIC**

Población	Índice	Clientes	Dotación de Consumo		Caudales de Consumo			Pérdidas		Caudales de Producción		Caudales de Distribución		
Abastecida	Habitantes		Población	Clientes	Q medio	Q max diario	Q max horario	Producción	Distribución	Q medio	Qmáx diario	Q medio	Qmáx diario	Q m hora
(Hab)	(Hab/viv)	N°	(lt/hab/día)	(m3/cliente/mes)	l/s	l/s	l/s	%	%	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
44.510	3,1	14.208	138,4	13,2	71,32	101,0	151,6	1,1%	41,3%	122,6	173,9	121,4	172,0	258,0
46.669	3,1	14.965	137,6	13,1	74,32	105,2	157,8	1,1%	41,3%	127,7	181,0	126,5	179,1	268,0
47.998	3,1	15.464	137,1	12,9	76,17	107,8	161,6	1,1%	41,3%	130,9	185,4	129,7	183,4	275,0
49.056	3,1	15.879	136,8	12,9	77,65	109,8	164,7	1,1%	41,3%	133,4	188,9	132,2	186,9	280,0
50.113	3,1	16.299	136,4	12,8	79,13	111,9	167,8	1,1%	41,3%	136,0	192,5	134,7	190,4	285,0
51.159	3,1	16.719	136,1	12,7	80,60	113,9	170,8	1,1%	41,3%	138,5	195,9	137,2	193,8	290,0
52.193	3,0	17.139	135,8	12,6	82,04	115,9	173,8	1,1%	41,3%	141,0	199,4	139,7	197,3	295,0
53.216	3,0	17.558	135,5	12,5	83,48	117,9	176,8	1,0%	41,3%	143,4	202,8	142,1	200,6	301,0
54.227	3,0	17.978	135,3	12,4	84,89	119,8	179,8	1,0%	41,3%	145,8	206,1	144,5	204,0	306,0
55.227	3,0	18.398	135,0	12,3	86,30	121,8	182,7	1,0%	41,3%	148,2	209,5	146,9	207,3	310,0
56.215	3,0	18.817	134,8	12,2	87,68	123,7	185,6	1,0%	41,3%	150,6	212,8	149,3	210,6	315,0
57.192	3,0	19.237	134,5	12,2	89,06	125,6	188,4	1,0%	41,3%	153,0	216,0	151,6	213,8	320,0
58.158	3,0	19.657	134,3	12,1	90,42	127,5	191,2	1,0%	41,3%	155,3	219,3	153,9	217,0	325,0
59.113	2,9	20.076	134,1	12,0	91,76	129,4	194,0	1,0%	41,3%	157,6	222,5	156,2	220,2	330,0
60.057	2,9	20.496	133,9	11,9	93,09	131,2	196,8	1,0%	41,3%	159,9	225,6	158,4	223,3	335,0
60.990	2,9	20.916	133,7	11,9	94,40	133,0	199,5	1,0%	41,3%	162,1	228,7	160,7	226,4	339,0

Fuente: Elaboración propia, 2014.

6.5 Proyección Demandas de Aguas Servidas

De acuerdo a lo establecido en el capítulo 6 de la presente tesis, la proyección de la población, clientes y demanda de aguas servidas se basa en la información estadística de la empresa para los periodos 2009-2013 (5 años).

Se considera además las demandas de los compromisos por la aplicación del Art. 52 Bis y de convenio de tratamiento de riles de ser necesario.

Asimismo, para la determinación de la proyección de la demanda de aguas servidas se debe considerar adicionalmente la proyección de la carga orgánica, los caudales de infiltración, caudales de aguas lluvias y la proyección de la carga orgánica.

Los caudales de infiltración se obtienen de los datos estadísticos del sector y de la diferencia entre los caudales afluentes de las plantas de tratamiento aguas servidas de esta localidad y de los datos de facturación del sector.

6.5.1. Sectores de Recolección

Debido a la situación geográfica del sector, el sistema de recolección de aguas servidas de la concesión en estudio San Pedro de La Paz – PIC se encuentra dividido en varios sectores según las áreas tributarias de las PEAS. El criterio utilizado para subdividir los sectores de influencia de las PEAS, en materia de clientes se basa en información estadística de la empresa ASP S.A. El criterio utilizado para establecer los sectores de consumos, por sector de influencia de las PEAS, fue el utilizado en el estudio tarifario vigente para el sector.

En las figuras 6.3 y 6.4 se resume lo anterior:

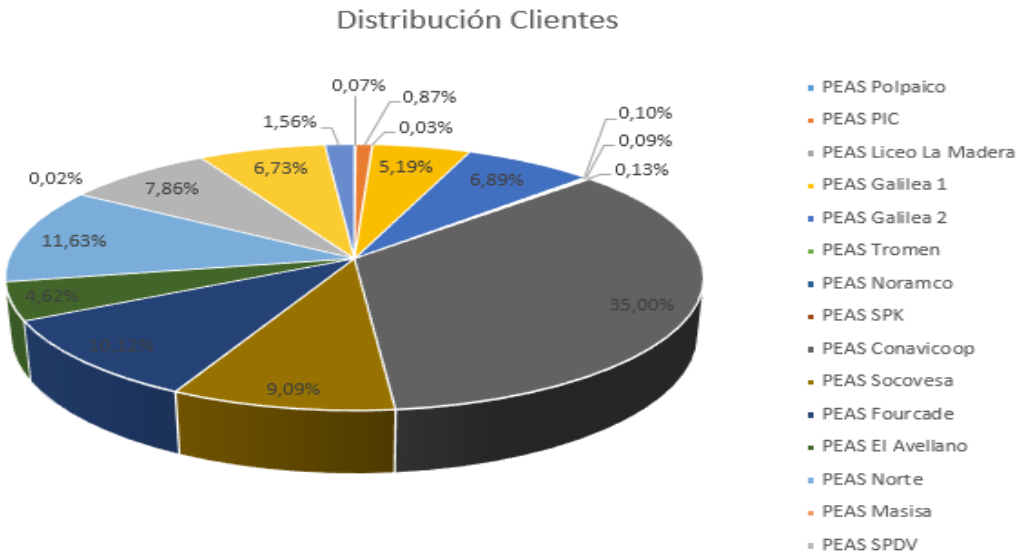
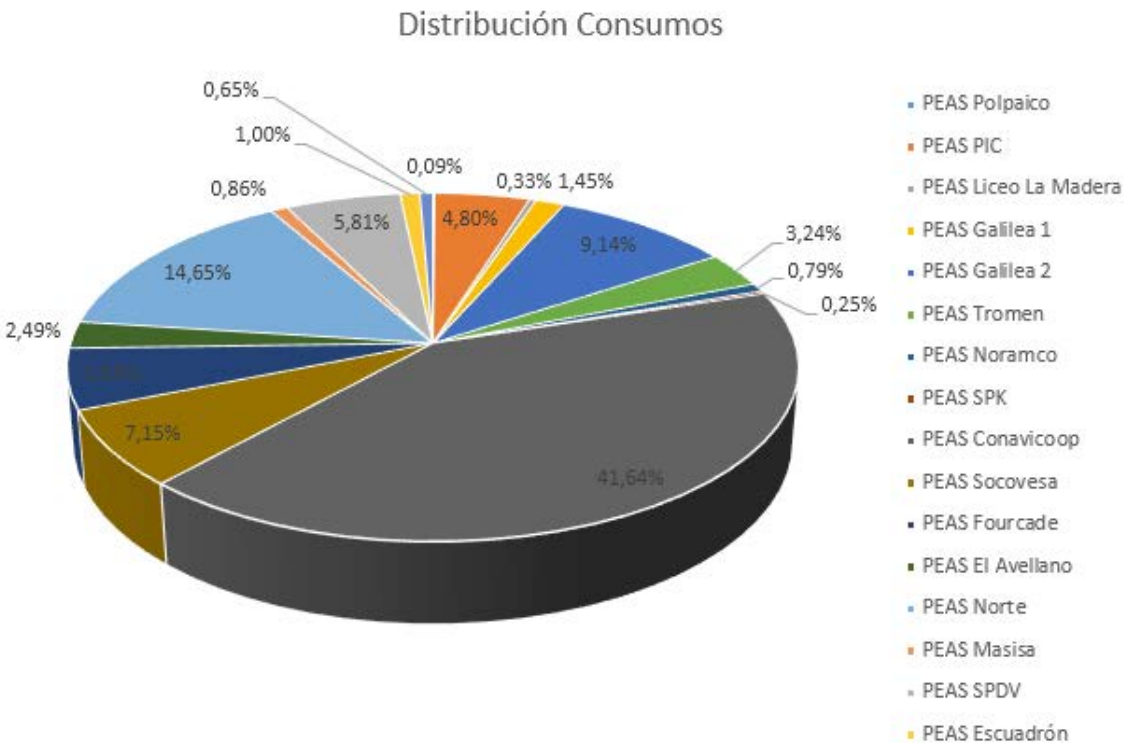


Figura 6.3: Distribución de clientes por área de influencia PEAS (Fuente: Aguas San Pedro S.A., 2013).





**Figura 6.4: Distribución de consumos por área de influencia PEAS** (Fuente: Aguas San Pedro S.A., 2013).

**6.5.2. Coeficiente de Recuperación**

Según indica la NCh 1105 Of. 99 “*el coeficiente de recuperación refleja el porcentaje de agua consumida (potable y de fuentes propias), que se descarga al alcantarillado y depende entre otros factores, de la estructura urbana del sector, del nivel socio económico de la población y del uso que se le da al agua*”.

El factor de recuperación estimado para el sistema San Pedro de La Paz – PIC se estima en **1,00** de acuerdo a la información contenida en el PR023<sup>10</sup> y la facturación de aguas servidas de la empresa entregada a la SISS (SIFAC).

En tabla 6.11 se resume lo anterior.

**Tabla 6.11: Coeficiente recuperación PTAS PIC. Periodo 2012-2014**

2014	Afluente PTAS m³ Total TAS	Facturación AS m³ Total AS	Coef. Recuperación
Enero	199.839	185.343	1,08
Febrero	162.468	175.392	0,93
Marzo	212.879	170.299	1,25
Total	575.186	531.034	1,08

<sup>10</sup> PR023: Protocolo de entrega de información SISS, el cual indica los parámetros de la calidad del agua que entra y sale de la planta de tratamiento de aguas servidas (afluente y efluente).

2013	PTAS	FACT AS	Coef. Recuperación
	m³ Total TAS	m³ Total AS	
Enero	177.230	169.933	1,04
Febrero	151.772	163.434	0,93
Marzo	196.968	157.567	1,25
Abril	166.173	161.185	1,03
Mayo	196.735	154.203	1,28
Junio	198.130	144.348	1,37
Julio	217.660	140.610	1,55
Agosto	227.073	149.975	1,51
Septiembre	199.425	147.865	1,35
Octubre	207.897	152.190	1,37
Noviembre	181.275	163.566	1,11
Diciembre	182.371	178.006	1,02
<b>Total 2013</b>	<b>2.302.707</b>	<b>1.882.882</b>	<b>1,22</b>

2012	PTAS	FACT AS	Coef. Recuperación
	m³ Total TAS	m³ Total AS	
Enero	186.995	170.253	1,10
Febrero	147.523	160.208	0,92
Marzo	186.979	154.345	1,21
Abril	179.703	150.405	1,19
Mayo	198.041	144.609	1,37
Junio	159.641	146.434	1,09
Julio	157.517	141.399	1,11
Agosto	159.767	133.994	1,19
Septiembre	165.370	141.534	1,17
Octubre	183.363	141.158	1,30
Noviembre	166.977	156.234	1,07
Diciembre	189.122	155.490	1,22
<b>Total 2012</b>	<b>2.080.997</b>	<b>1.796.063</b>	<b>1,16</b>

Fuente: PR023 y SIFAC Superintendencia Servicios Sanitarios de Chile, 2014.

6.5.3. Caudales de Infiltración y Aguas Lluvias

La proyección de los caudales de infiltración y aguas lluvias, se obtiene a partir de la diferencia entre la información del caudal afluente a la PTAS PIC (Protocolo SISS PR023) y los caudales de facturación de aguas servidas (SIFAC<sup>11</sup>) para el periodo 2013 a marzo 2014. Para el periodo punta (diciembre-marzo) se asume que el caudal excedente que llega a la planta corresponde a infiltración, por lo tanto, el caudal de aguas lluvias está dado por la diferencia entre el caudal de infiltración y la diferencia entre el caudal afluente y la facturación de aguas servidas.

En tabla 6.12 se resume lo anterior:

<sup>11</sup> SIFAC: Protocolo de entrega información SISS. Contiene información anual de facturación (AP y AS) y producción de agua cruda de la empresa.

Tabla 6.12: Cálculo caudal infiltración y aguas lluvias

Detalle Mes/Año	Control PTAS			Facturación			Diferencia (PTAS-FACT)			Infiltración		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Periodo Punta (m³)	710.619	708.340	575.186	640.297	668.940	531.034	70.322	39.400	44.152	70.322	39.400	44.152
Periodo No Punta (m³)	1.370.378	1.594.367	575.186	1.155.766	1.213.942	531.034	214.612	380.425	44.152			
Suma (m³)	2.080.997	2.302.707	1.150.372	1.796.063	1.882.882	1.062.068	284.934	419.826	88.304	70.322	39.400	44.152
Caudal (L/s)							9,0	13,3	2,8	6,7	3,8	5,7

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Como se aprecia en cuadro anterior, la infiltración considerada para todo el periodo de previsión (constante durante los 15 años) corresponde al promedio de los tres últimos años obteniéndose un caudal de 5,4 L/s, y como consecuencia, un caudal de aguas lluvias de 3,0 L/s.

6.5.4. Factores de Producción de Aguas Servidas

La variación de caudales de aguas servidas (caudal máximo horario) está dada por el siguiente factor:

Factor de Punta      HARMON, para población mayor a 1.000 hab.  
                                 BOSTON SOCIETY, para población menor a 100 hab.  
                                 Entre 100 y 1000 hab.; interpolación lineal.

6.5.5. Caudales de Diseño de Aguas Servidas

Según indica la NCh 1105 Of. 99 Numeral 6.4.2 los caudales de diseño “se utilizan para el dimensionamiento de las tuberías del sistema de alcantarillado. Incluyen el caudal máximo horario de aguas servidas, el caudal de RILES y el de infiltración”.

El caudal máximo horario (Q máx h) de aguas servidas se define como el mayor caudal que puede escurrir en un determinado período del día. Este caudal se utilizará para determinar la capacidad del sistema de alcantarillado, calculado para el final del periodo de previsión.

6.5.6. Estimación de la Carga Orgánica.

Para establecer el aporte unitario de DBO<sub>5</sub> de la concesión San Pedro de La Paz – PIC se procesó la información contenida en el PR023 y PR017<sup>12</sup> entregada periódicamente por la empresa a la SISS. De acuerdo a lo anterior para obtener el aporte per cápita de la concesión se estableció la DBO<sub>5</sub> (kg/día) promedio de la información contenida en PR023 (Periodo 2012-2014) y se le descontó la DBO<sub>5</sub> (Kg/día) promedio aportante de los riles Informada por la empresa en el PR017 (PROCOF 2013<sup>13</sup>).

<sup>12</sup> PR017: Protocolo SISS que da cuenta de la carga orgánica recibida por la planta de tratamiento de aguas servidas de la empresa.  
<sup>13</sup> PROCOF: Protocolo SISS que complementa información contenida en el PR017.

Tabla 6.13: Cálculo aporte per cápita (APC)

Balance PTAS	Cantidad	Balance PTAS	Cantidad
Carga Total (PR023)	2.048	Carga Total (PR023)	2.048
Carga RIL (PR017 1 °S)	640	Carga RIL (PR017 2 °S)	758,24
Carga Domiciliaria	1.408	Carga Domiciliaria	1.290
Población (2013)	41.120	Población	41.120
APC	34,24	APC	31,37

Fuente: PR017 Superintendencia de Servicios Sanitarios de Chile, 2013.

De acuerdo a tabla 6.13, el aporte per cápita que se utiliza corresponde al promedio de ambos semestres, obteniéndose un valor de 33 g/h/d.

6.5.7. Proyección de Demandas de Aguas Servidas.

De acuerdo a las bases de cálculo establecidas en capítulo 5, acápite 5.1 “Criterios de Diseño Proyección de Caudales de Agua Potable y Aguas Servidas”, la proyección de población y clientes determinados en capítulo 6, acápite 6.1 “Proyección de Población y Clientes”, los factores de dimensionamiento determinados en el acápite 6.2 “Coeficientes de consumo”, el coeficiente de recuperación determinado en acápite 6.5.2, los caudales de infiltración y aguas lluvias determinados en el acápite 6.5.3 y la estimación de la carga orgánica del acápite 6.5.6, en la tabla 5.22, se presenta la proyección de la demanda de aguas servidas total estimada para el sector en estudio y cuyo detalle por sectores de influencia PEAS se presenta en el Anexo 7 “Proyección Demanda de Aguas Servidas” adjunto al presente estudio.

La proyección de demanda de aguas servidas que se presenta a continuación, cuyo respaldo se presenta en Anexo 7 “Proyección Demanda de Aguas Servidas” es pieza clave del presente estudio, ya que con esta proyección de demanda y el predimensionamiento de la obras indicadas en Anexo 5 “Análisis de Demanda y Capacidad Hidráulica de la infraestructura Sanitaria Existente” se verifica la oferta en capacidad de la unidades existentes versus la proyección de la demanda estimada. El resultado del análisis anterior se presenta en el capítulo 7 “Balance Oferta-Demanda” del presente estudio.

En la tabla 6.14 se presenta la proyección de demanda total de aguas servidas determinada para el área de estudio de la presente tesis y la proyección por sectores se presenta en Anexo 7.

**Tabla 6.14: Proyección de demanda de aguas servidas**  
**Sistema San Pedro de La Paz – PIC (Clientes Residencial + Clientes Industriales+52 Bis)**

Año	AGUAS SERVIDAS DOMESTICAS										TOTAL					
	Población Total T.O.	Cobertura AS	Población Saneada AS	Clientes Servidos AS	Dotación		Coeficiente de recuperación=1,0			Q Infiltr.	Q Aguas Lluv.	Q medio Total	Qmax horario	Carga Proy kgDBO5/día (Doméstica)	Carga Proy kgDBO5/día (Convenio)	Carga Pro kgDBO5/d (Total)
	Hab	%	Hab	Clientes	Población (lt/hab/día)	Clientes (m³/cliente/mes)	Q medio l/s	Modelo a utilizar	Qmax Horario l/s	(l/s)	(l/s)	l/s	l/s			
0	44.504	99,1%	44.123	13.741	130,9	12,8	66,83	Harmon	154,74	5,4	3,0	75,23	163,14	1.456	699,12	2155
1	46.663	99,2%	46.299	14.521	<b>130,3</b>	<b>12,6</b>	<b>69,85</b>	<b>Harmon</b>	<b>160,36</b>	<b>5,4</b>	<b>3,0</b>	<b>78,25</b>	<b>168,76</b>	<b>1.528</b>	699,12	2227
2	47.992	99,3%	47.655	15.055	126,9	12,2	70,01	Harmon	159,91	5,4	3,0	78,41	168,31	1.573	699,12	2272
3	49.049	99,4%	48.743	15.512	126,9	12,1	71,61	Harmon	162,89	5,4	3,0	80,01	171,29	1.609	699,12	2308
4	50.107	99,5%	49.833	15.976	126,9	12,0	73,21	Harmon	165,88	5,4	3,0	81,61	174,28	1.644	699,12	2344
5	51.153	99,5%	50.912	16.443	<b>126,9</b>	<b>12,0</b>	<b>74,80</b>	<b>Harmon</b>	<b>168,85</b>	<b>5,4</b>	<b>3,0</b>	<b>83,20</b>	<b>177,25</b>	<b>1.680</b>	<b>699,12</b>	2379
6	52.187	99,6%	51.982	16.901	127,0	11,9	76,40	Harmon	171,81	5,4	3,0	84,80	180,21	1.715	699,12	2415
7	53.210	99,7%	53.042	17.329	127,0	11,8	77,98	Harmon	174,75	5,4	3,0	86,38	183,15	1.750	699,12	2450
8	54.221	99,8%	54.092	17.758	126,9	11,8	79,43	Harmon	177,37	5,4	3,0	87,83	185,77	1.785	699,12	2484
9	55.220	99,8%	55.132	18.187	126,6	11,7	80,75	Harmon	179,71	5,4	3,0	89,15	188,11	1.819	699,12	2518
10	56.209	99,9%	56.163	18.617	<b>126,2</b>	<b>11,6</b>	<b>82,06</b>	<b>Harmon</b>	<b>182,01</b>	<b>5,4</b>	<b>3,0</b>	<b>90,46</b>	<b>190,41</b>	<b>1.853</b>	<b>699,12</b>	2552
11	57.186	100,0%	57.184	19.048	125,9	11,5	83,35	Harmon	184,28	5,4	3,0	91,75	192,68	1.887	699,12	2586
12	58.152	100,0%	58.152	19.479	125,7	11,4	84,63	Harmon	186,54	5,4	3,0	93,03	194,94	1.919	699,12	2618
13	59.106	100,0%	59.106	19.908	125,6	11,3	85,89	Harmon	188,78	5,4	3,0	94,29	197,18	1.951	699,12	2650
14	60.050	100,0%	60.050	20.324	125,4	11,3	87,14	Harmon	190,98	5,4	3,0	95,54	199,38	1.982	699,12	2681
15	60.983	100,0%	60.983	20.740	<b>125,2</b>	<b>11,2</b>	<b>88,38</b>	<b>Harmon</b>	<b>193,15</b>	<b>5,4</b>	<b>3,0</b>	<b>96,78</b>	<b>201,55</b>	<b>2.012</b>	<b>699,12</b>	2712

Fuente: Elaboración propia, 2014.

## 7. **BALANCE OFERTA DEMANDA**

En el presente capítulo, se definen las alternativas de solución para satisfacer la demanda de los servicios de agua potable y alcantarillado de aguas servidas de la concesión en estudio San Pedro de La Paz - PIC.

Asimismo, en este capítulo se presenta el análisis del balance oferta – demanda, donde la oferta corresponde a la capacidad instalada de las unidades descritas en el capítulo 4, dimensionadas con las bases de cálculo del capítulo 5 y la demanda corresponde a las proyecciones establecidas en el capítulo 6, ambos dimensionamientos se presentan en detalle en el Anexo 5 adjunto al presente estudio. Se subdivide el capítulo en dos etapas, una etapa corresponde al análisis de la oferta-demanda de agua potable y otra etapa corresponde al análisis de la oferta-demanda de aguas servidas, dividiéndose estos a su vez en etapas de producción y distribución de agua potable y en recolección y disposición de aguas servidas.

En el caso de que alguna de las unidades existentes presente déficit de capacidad en el periodo de 15 años que considera el análisis, se presenta un cuadro complementario de oferta – demanda (situación con proyecto), el que considera un aumento en su capacidad, en el año anterior al déficit, de manera que al final del periodo de previsión, la unidad en cuestión opere correctamente y permita la continuidad del servicio sanitario de la empresa. Dichos aumentos de capacidad son valorizados, de manera estimativa en el capítulo 8 del presente estudio.

En el acápite 7.1 “Balance oferta-demanda de agua potable” se presentan los resultados de los balances oferta-demanda para la situación sin proyecto que indica el análisis de las unidades diseñadas a nivel de prefactibilidad verificada con la proyección de demanda del capítulo 6 y una situación con proyecto (de ser necesario) que indica la obra proyectada al detectar déficit hidráulico en la unidad analizada.

A continuación se presentan los balances de oferta demanda de las etapas de producción y distribución de agua potable. Cabe mencionar, que en este capítulo solo se presentaran los balances oferta-demanda de las unidades que presentan déficit hidráulico. La totalidad de los balances oferta-demanda se presenta en Anexo 10 adjunto al presente estudio.

7.1 Balance oferta demanda agua potable

7.1.1. Derechos de Agua y oferta de aguas subterráneas.

La empresa Aguas San Pedro S.A., cuenta con los siguientes derechos de agua para el abastecimiento de del sector en estudio y su capacidad se detalla en el capítulo 4 del presente estudio. En tabla 7.1 se resume lo anterior.

Tabla 7.1: Derechos de agua y capacidad de las fuentes

Nombres	Caudal (L/s)	Puntos Captación Coordenadas Geográficas DATUM WGS 84 Huso 18			RES. DGA
		Tipo Fuente	ESTE	NORTE	
Río Biobío	100,0	Superficial	671.614	5.920.786	Inscripción CBR Fojas 1 N°1 del año 1998
Batería 24 punteras	100,0	Subterránea	666.111	5.917.208	Inscripción CBR Fojas 1 N°1 del año 2000
4 Pozos	120,0	Subterránea	663.776	5.907.431	Inscripción CBR Fojas 7 N°4 del año 1995

Fuente: Conservador de Bienes Raíces de Concepción, 2014.

A nivel de derechos de agua el sector de estudio no presente déficit hidráulico, por lo que su balance oferta-demanda se presenta en Anexo 10.

7.1.2. Fuentes y Captaciones

La empresa Aguas San Pedro S.A., cuenta con captaciones de agua cruda para el abastecimiento de del sector en estudio y su capacidad se detalla en el capítulo 4 del presente estudio. En tabla 7.2 y 7.3 se resume lo anterior.

Tabla 7.2: Captaciones subterráneas. Sondajes

Nombre	Tipo	Profundidad (m)	Diámetro (Plg)	Nivel Estático (m)	Caudal de Diseño (L/s)	Capacidad Actual de Producción (L/s)
Pozo PIC 01	Sondaje	30	12	3,79	26	26
Pozo PIC 03	Sondaje	30	12	3,67	26	26
Pozo PIC 5A	Sondaje	36	12	3,73	60	60
Pozo YOB 01	Sondaje	25	12	2,53	20	20

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Tabla 7.3: Captaciones subterráneas. Punteras

Nombre	Tipo	Profundidad (m)	Nivel Estático (m)	Punteras (N°)	Caudal Diseño (L/s)	Capacidad Actual Producción (L/s)
PIC 01	Puntera	12	3,45	12	24,0	24,0
PIC 02	Puntera	12	3,58	12	24,0	24,0
Rosario 01	Puntera	12	5,30	12	21,6	21,6
Rosario 02	Puntera	12	5,37	12	21,6	21,6
Rosario 03	Puntera	9	5,29	6	12,0	12,0
La Foresta 01	Puntera	12	4,37	6	16,2	16,2
La Foresta 02	Puntera	12	4,52	3	8,1	8,1
La Foresta 03	Puntera	12	4,47	3	8,1	8,1
La Foresta 04	Puntera	12	4,60	4	10,8	10,8
Pioneros 01	Puntera	12	4,20	6	17,4	17,4
Pioneros 02	Puntera	12	4,01	6	17,4	17,4
Pioneros 03	Puntera	10	4,05	6	12,0	12,0

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Las captaciones el sector de estudio presenta déficit hidráulico solo en el recinto Pioneros. El resto de los balances oferta-demanda se presentan en Anexo 10.

En tabla 7.4 se presenta la situación sin proyecto del recinto Pioneros.

Tabla 7.4: Balance oferta demanda fuentes y capacidad (sin proyecto)  
Recinto Producción Pioneros

Año	Captaciones Existentes		Total Oferta Para el Sector	Demanda Máx. Diaria de Prod.	Balance Sin  Proyecto
	Que Abastecen a Sector				
	(l/s)				
	Punteras Pioneros	-	(L/s)	(L/s)	(L/s)
2014	46,8	0,0	46,8	39,63	7,17
2015	46,8	0,0	46,8	41,59	5,21
2016	46,8	0,0	46,8	42,79	4,01
2017	46,8	0,0	46,8	43,75	3,05
2018	46,8	0,0	46,8	44,71	2,09
2019	46,8	0,0	46,8	45,66	1,14
2020	46,8	0,0	46,8	46,60	0,20
2021	46,8	0,0	46,8	47,53	(0,73)
2022	46,8	0,0	46,8	48,44	(1,64)
2023	46,8	0,0	46,8	49,35	(2,55)
2024	46,8	0,0	46,8	50,25	(3,45)
2025	46,8	0,0	46,8	51,13	(4,33)
2026	46,8	0,0	46,8	52,01	(5,21)
2027	46,8	0,0	46,8	52,88	(6,08)
2028	46,8	0,0	46,8	53,73	(6,93)
2029	46,8	0,0	46,8	54,58	(7,78)



Fuente: Elaboración propia, 2014.

Como se aprecia en tabla 7.4 el sector de Pioneros no es capaz de mantener la demanda del sector en el año 2021. En tabla 7.5 se presenta la situación con proyecto que considera aumentar la capacidad de producción del sector en 8,0 L/s, quedando un superávit de 0,22 L/s en año 2029.

Tabla 7.5: Balance oferta demanda fuentes y capacidad (con proyecto)  
Recinto Producción Pioneros

Año	Déficit sin Proyecto (L/s)	Obra Proyectada		Balance Sin Proyecto (L/s)
		Designación	Capacidad (L/s)	
2014				
2015				
2016				
2017				
2018				
2019				
2020				
2021	(0,73)		8,0	7,27
2022	(1,64)		8,0	6,36
2023	(2,55)		8,0	5,45
2024	(3,45)	Construcción	8,0	4,55
2025	(4,33)	Malla	8,0	3,67
2026	(5,21)	Punteras	8,0	2,79
2027	(6,08)	Pioneros 04	8,0	1,92
2028	(6,93)		8,0	1,07
2029	(7,78)		8,0	0,22

Fuente: Elaboración propia, 2014.

7.1.3. Plantas de Tratamiento de Agua Potable

La empresa Aguas San Pedro S.A., cuenta con plantas de tratamiento de agua cruda en el área de estudio en los sectores PIC y Montahue (52 Bis) y sus capacidades se detallan en el capítulo 4 del presente estudio. Solo el sector PIC presenta déficit, por lo que le balance oferta demanda del sector Montahue se presenta en Anexo 10.

En tabla 7.6 se presenta situación sin proyecto de la PTAP PIC.

Tabla 7.6: Balance oferta demanda plantas de tratamiento A.P. PIC (sin proyecto)

Año	Capacidad Tratamiento	Capacidad Total	Demanda Máx. Diaria Distribución	Balance Sin Proyecto
	L/s			L/s
2014	70,24	70,24	58,61	11,63
2015	70,24	70,24	60,16	10,08
2016	70,24	70,24	61,14	9,10
2017	70,24	70,24	61,93	8,31

Año	Capacidad Tratamiento L/s	Capacidad Total L/s	Demanda Máx. Diaria Distribución L/s	Balance Sin Proyecto L/s
2018	70,24	70,24	62,72	7,52
2019	70,24	70,24	63,50	6,74
2020	70,24	70,24	64,28	5,96
2021	70,24	70,24	65,05	5,19
2022	70,24	70,24	65,81	4,43
2023	70,24	70,24	66,57	3,67
2024	70,24	70,24	67,32	2,92
2025	70,24	70,24	68,07	2,17
2026	70,24	70,24	68,81	1,43
2027	70,24	70,24	69,54	0,70
2028	70,24	70,24	70,27	(0,03)
2029	70,24	70,24	70,99	(0,75)

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Como se aprecia en tabla 7.6 la planta de tratamiento del sector PIC no es capaz de mantener la demanda del sector en el año 2028. En tabla 7.7 se presenta la situación con proyecto que considera aumentar la capacidad de tratamiento del sector en 1,0 L/s, quedando un superávit de 0,25 L/s en año 2029.

Tabla 7.7: Balance oferta demanda plantas de tratamiento A.P. PIC (con proyecto)

Año	Déficit Sin Proyecto L/s	Obra Proyectoada		Balance Con Proyecto L/s
		Designación	Capacidad (L/s)	
2014				
2015				
2016				
2017				
2018				
2019				
2020				
2021				
2022				
2023				
2024				
2025				
2026				
2027				
2028	(0,03)	Ampliación Captación PTAP	1,0	0,97
2029	(0,75)	PIC	1,0	0,25

Fuente: Elaboración propia, 2014.

7.1.4. Plantas de Cloración

La empresa Aguas San Pedro S.A., cuenta con plantas de cloración en el área de estudio en los sectores Pioneros, La Foresta-Rosario, PIC y Montahue (52 Bis) y sus capacidades se detallan en el capítulo 4 del presente estudio. Solo el sector PIC presenta déficit, por lo que le balance oferta demanda de los otros centros de cloración se presentan en Anexo 10.

En tabla 7.8 se presenta situación sin proyecto del centro de cloración PIC.

Tabla 7.8: Balance oferta demanda centros de cloración (sin proyecto)

Año	Capacidad Centro Cloración (l/s) PIC	Capacidad Total Centro Cloración (l/s)	Demanda Máx. Diaria Producción (l/s)	Balance Sin Proyecto (l/s)
2014	50,0	50,0	60,4	(10,42)
2015	50,0	50,0	62,0	(12,02)
2016	50,0	50,0	63,0	(13,03)
2017	50,0	50,0	63,8	(13,84)
2018	50,0	50,0	64,7	(14,66)
2019	50,0	50,0	65,5	(15,46)
2020	50,0	50,0	66,3	(16,26)
2021	50,0	50,0	67,1	(17,06)
2022	50,0	50,0	67,8	(17,85)
2023	50,0	50,0	68,6	(18,63)
2024	50,0	50,0	69,4	(19,40)
2025	50,0	50,0	70,2	(20,17)
2026	50,0	50,0	70,9	(20,94)
2027	50,0	50,0	71,7	(21,69)
2028	50,0	50,0	72,4	(22,44)
2029	50,0	50,0	73,2	(23,19)

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Como se aprecia en tabla 7.8 la planta de cloración del sector PIC no es capaz de mantener la demanda del sector desde el año 2014, presentando un déficit acumulado de 23,19 L/s en año 2029. En tabla 7.9 se presenta la situación con proyecto que considera aumentar la capacidad de cloración del sector PIC en 24,0 L/s, quedando un superávit de 0,81 L/s en año 2029.

Tabla 7.9: Balance oferta demanda centros de cloración (con proyecto)

Año	Déficit sin proyecto (l/s)	Obra Proyectada Designación	Capacidad (l/s)	Balance Con Proyecto (l/s)
2014				
2015	(12,02)	Ampliación	24	11,98
2016	(13,03)	Centro	24	10,97
2017	(13,84)	Cloración PIC	24	10,16
2018	(14,66)		24	9,34

Año	Déficit	Obra Proyectada	Balance
2019	(15,46)	24	8,54
2020	(16,26)	24	7,74
2021	(17,06)	24	6,94
2022	(17,85)	24	6,15
2023	(18,63)	24	5,37
2024	(19,40)	24	4,60
2025	(20,17)	24	3,83
2026	(20,94)	24	3,06
2027	(21,69)	24	2,31
2028	(22,44)	24	1,56
2029	(23,19)	24	0,81

Fuente: Elaboración propia, 2014.

**7.1.5. Balance Oferta Demanda Plantas Elevadoras e impulsión de Producción**

La empresa Aguas San Pedro S.A., cuenta con plantas de elevación de producción en el área de estudio y sus características y capacidades se detallan en el capítulo 4 del presente estudio. Solo el sector Pioneros y La Foresta-Rosario presentan déficit, por lo que le balance oferta demanda de las otras plantas elevadoras e impulsiones asociadas se presentan en Anexo 10.

En tabla 7.10 y 7.11 se presenta situación sin proyecto de la PEAP La Foresta-Rosario y su impulsión asociada. La capacidad de conducción de su impulsión se dimensiona de acuerdo a los criterios de dimensionamiento del capítulo 5 para conducciones en presión.

**Tabla 7.10: Balance oferta demanda PEAP producción Foresta-Rosario (sin proyecto) e impulsión asociada**

Año	Impulsión Asociada				
	Longitud (m)	D (mm)	Hg (m)	Qmax Diario (m) <sup>14</sup>	Helev (m)
2014	11	250	9,35	7,9	9,4
2015	11	250	9,35	11,4	9,4
2016	11	250	9,35	13,5	9,4
2017	11	250	9,35	15,2	9,4
2018	11	250	9,35	16,9	9,4
2019	11	250	9,35	18,6	9,4
2020	11	250	9,35	20,3	9,4
2021	11	250	9,35	21,9	9,4
2022	11	250	9,35	23,5	9,4
2023	11	250	9,35	25,2	9,4
2024	11	250	9,35	26,7	9,4
2025	11	250	9,35	28,3	9,4
2026	11	250	9,35	29,9	9,4
2027	11	250	9,35	31,4	9,4

<sup>14</sup> Corresponde a la diferencia entre la demanda del Sistema La Foresta-Rosario y la oferta de producción del Sistema La Foresta-Rosario restringido a la capacidad de producción de las fuentes y las PEAP del sistema.

Año	Impulsión Asociada				
	Longitud (m)	D (mm)	Hg (m)	Qmax Diario	Helev (m)
2028	11	250	9,35	32,9	9,4
2029	11	250	9,35	34,4	9,4

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Tabla 7.11: Balance oferta demanda PEAP producción Foresta-Rosario (sin proyecto) e impulsión asociada

Año	Oferta de Capacidad		Oferta Conducción	Demanda de Capacidad		Balance Sin proyecto		Balance Conducción
	Q (l/s)	H (m)		Qmax Diario (m)	Helev (m)	Q (l/s)	H elev. (m)	
2014	22,0	10,20	75,0	7,9	9,4	14,1	0,8	67,1
2015	22,0	10,20	75,0	11,4	9,4	10,6	0,8	63,6
2016	22,0	10,20	75,0	13,5	9,4	8,5	0,8	61,5
2017	22,0	10,20	75,0	15,2	9,4	6,8	0,8	59,8
2018	22,0	10,20	75,0	16,9	9,4	5,1	0,8	58,1
2019	22,0	10,20	75,0	18,6	9,4	3,4	0,8	56,4
2020	22,0	10,20	75,0	20,3	9,4	1,7	0,8	54,7
2021	22,0	10,20	75,0	21,9	9,4	0,1	0,8	53,1
2022	22,0	10,20	75,0	23,5	9,4	(1,5)	0,8	51,5
2023	22,0	10,20	75,0	25,2	9,4	(3,2)	0,8	49,8
2024	22,0	10,20	75,0	26,7	9,4	(4,7)	0,8	48,3
2025	22,0	10,20	75,0	28,3	9,4	(6,3)	0,8	46,7
2026	22,0	10,20	75,0	29,9	9,4	(7,9)	0,8	45,1
2027	22,0	10,20	75,0	31,4	9,4	(9,4)	0,8	43,6
2028	22,0	10,20	75,0	32,9	9,4	(10,9)	0,8	42,1
2029	22,0	10,20	75,0	34,4	9,4	(12,4)	0,8	40,6

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Como se aprecia en tabla 7.11 la planta elevadora de producción del sector La Foresta-Rosario no es capaz de mantener la demanda del sector desde el año 2022, presentando un déficit acumulado de 12,4 L/s en año 2029. En tabla 7.12 se presenta la situación con proyecto que considera aumentar la capacidad de la planta elevadora del sector La Foresta-Rosario en 13,0 L/s, quedando un superávit de 0,60 L/s en año 2029.

Tabla 7.12: Balance oferta demanda PEAP producción Foresta-Rosario (con proyecto) e impulsión asociada

Año	Déficit Sin Proyecto		Déficit Conducción (l/s)	Obras Projectada				Balance con proyecto		
	Q (l/s) <sup>15</sup>	H elev (m)		Impulsión	Planta elevadora		Planta elevadora	Balance Conducción Con Proyecto		
					D (mm)	L (m)			Q (l/s)	H (m)
2014										
2015										
2016										
2017										
2018										
2019										
2020										
2021										
2022	(1,55)					13,00	0,0	11,5		
2023	(3,2)					13,00	0,0	9,8		
2024	(4,7)					13,00	0,0	8,3		
2025	(6,3)					13,00	0,0	6,7		
2026	(7,9)					13,00	0,0	5,1		
2027	(9,4)					13,00	0,0	3,6		
2028	(10,9)					13,00	0,0	2,1		
2029	(12,4)					13,00	0,0	0,6		

Fuente: Elaboración propia, 2014.

En tabla 7.13 y 7.14 se presenta situación sin proyecto de la PEAP de producción Pioneros y su impulsión asociada. La capacidad de conducción fue dimensionada de acuerdo a los criterios de dimensionamiento del capítulo 5 para conducciones en presión.

Tabla 7.13: Balance oferta demanda PEAP producción Pioneros (sin proyecto) e impulsión asociada

Año	Impulsión Asociada				
	Longitud (m)	D (mm)	Hg (m)	Qmax Diario (m) <sup>16</sup>	Helev (m)
2014	28	110	9	5,6	8,73
2015	28	110	9	7,6	8,83
2016	28	110	9	8,8	8,91
2017	28	110	9	9,8	8,98
2018	28	110	9	10,7	9,06
2019	28	110	9	11,7	9,14
2020	28	110	9	12,6	9,23
2021	28	110	9	13,5	9,32
2022	28	110	9	14,4	9,41
2023	28	110	9	15,4	9,51
2024	28	110	9	16,2	9,62

<sup>15</sup> Considera aumentar la capacidad de producción del Sistema La Foresta-Rosario, aumentando la capacidad de bombeo de las PEAP del sistema La Foresta-Rosario en 13,0 L/s.

<sup>16</sup> Corresponde a la diferencia entre la demanda del sector Pioneros y la oferta de producción del sector Pioneros restringido a la capacidad de producción de las fuentes y las PEAP del sistema.

Año	Impulsión Asociada				
	Longitud (m)	D (mm)	Hg (m)	Qmax Diario	Helev (m)
2025	28	110	9	17,1	9,72
2026	28	110	9	18,0	9,83
2027	28	110	9	18,9	9,95
2028	28	110	9	19,7	10,06
2029	28	110	9	20,6	10,18

Fuente: Elaboración propia, 2014.

**Tabla 7.14: Balance oferta demanda PEAP producción Pioneros (sin proyecto) e impulsión asociada**

Año	Oferta de Capacidad		Oferta Conducción	Demanda de Capacidad		Balance Sin proyecto		Balance Conducción
	Q (l/s)	H (m)		Qmax Diario (m) <sup>17</sup>	Helev (m)	Q (l/s)	H elev. (m)	
2014	20,0	9,35	17,1	5,6	8,7	14,4	0,6	15,3
2015	20,0	9,35	17,1	7,6	8,8	12,4	0,5	13,4
2016	20,0	9,35	17,1	8,8	8,9	11,2	0,4	12,2
2017	20,0	9,35	17,1	9,8	9,0	10,2	0,4	11,2
2018	20,0	9,35	17,1	10,7	9,1	9,3	0,3	10,2
2019	20,0	9,35	17,1	11,7	9,1	8,3	0,2	9,3
2020	20,0	9,35	17,1	12,6	9,2	7,4	0,1	8,4
2021	20,0	9,35	17,1	13,5	9,3	6,5	0,0	7,4
2022	20,0	9,35	17,1	14,4	9,4	5,6	(0,1)	6,5
2023	20,0	9,35	17,1	15,4	9,5	4,6	(0,2)	5,6
2024	20,0	9,35	17,1	16,2	9,6	3,8	(0,3)	4,7
2025	20,0	9,35	17,1	17,1	9,7	2,9	(0,4)	3,8
2026	20,0	9,35	17,1	18,0	9,8	2,0	(0,5)	2,9
2027	20,0	9,35	17,1	18,9	9,9	1,1	(0,6)	2,1
2028	20,0	9,35	17,1	19,7	10,1	0,3	(0,7)	1,2
2029	20,0	9,35	17,1	20,6	10,2	(0,6)	(0,8)	0,4

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Como se aprecia en tabla 7.14 la planta elevadora de producción del sector La Pioneros no es capaz de mantener la demanda del sector desde el año 2022, presentando un déficit acumulado de 0,6 L/s y 0,8 m en año 2029. En tabla 7.15 se presenta la situación con proyecto que considera aumentar la capacidad de la planta elevadora del sector Pioneros en 1,0 L/s a 11 m, quedando un superávit de 0,40 L/s y 0,82 m en año 2029.

<sup>17</sup> Corresponde a la diferencia entre la demanda del sector Pioneros y la oferta de producción del sector Pioneros restringido a la capacidad de producción de las fuentes y las PEAP del sector. Dicha inversión está considerada en la construcción de malla punteras Pioneros 04.

Tabla 7.15: Balance oferta demanda PEAP producción Pioneros (con proyecto) e impulsión asociada

Año	Déficit Sin Proyecto		Déficit Conducción	Obras Proyectoada				Balance con proyecto			
	Q (l/s)	H elev (m)		Impulsión		Planta elevadora		Planta elevadora		Balance Conducción Con Proyecto	
			(l/s)	D (mm)	L (m)	Q (l/s)	H (m)	Q (l/s)	H elev. (m)		(l/s)
2014											
2015											
2016											
2017											
2018											
2019											
2020											
2021											
2022		(0,06)				1,00	11,0	1,0	1,59		
2023		(0,16)				1,00	11,0	1,0	1,49		
2024		(0,27)				1,00	11,0	1,0	1,38		
2025		(0,37)				1,00	11,0	1,0	1,28		
2026		(0,48)				1,00	11,0	1,0	1,17		
2027		(0,60)				1,00	11,0	1,0	1,05		
2028		(0,71)				1,00	11,0	1,0	0,94		
2029	(0,6)	(0,83)				1,00	11,0	0,4	0,82		

Fuente: Elaboración propia, 2014.

7.1.6. Balance Oferta Demanda Estanques de Distribución

La empresa Aguas San Pedro S.A., cuenta con estanques de regulación en el área de estudio y sus características y capacidades se detallan en el capítulo 4 del presente estudio. Solo el sector Pioneros y La Foresta-Rosario presentan déficit, por lo que le balance oferta demanda de los otros estanques se presentan en Anexo 10.

En tabla 7.16 se presenta situación sin proyecto del estanque La Foresta-Rosario. El volumen de regulación se dimensiona de acuerdo a los criterios de diseño del capítulo 5, dimensionamiento estanques de agua potable.

Tabla 7.16: Balance oferta demanda regulación Foresta-Rosario (sin proyecto)

Año	Población (hab)	Q <sub>máx.día</sub> dist l/s	Volumen (m <sup>3</sup> )				Capacidad existente (m3)	Balance sin Proy (m3)
			Regulación	Incendio	Seguridad	Total		
2014	23.976	70,3	911	230	506	1.417	1.900	483
2015	25.161	73,8	956	346	531	1.487	1.900	413
2016	25.890	75,9	984	346	547	1.531	1.900	369
2017	26.471	77,6	1.006	346	559	1.565	1.900	335
2018	27.051	79,3	1.028	346	571	1.599	1.900	301
2019	27.625	81,0	1.050	346	583	1.633	1.900	267
2020	28.193	82,7	1.071	346	595	1.667	1.900	233
2021	28.754	84,3	1.093	346	607	1.700	1.900	200
2022	29.309	85,9	1.114	346	619	1.733	1.900	167



Año	Población	Q <sub>máx.día</sub>	Volumen (m <sup>3</sup> )				Capacidad	Balance
2023	29.858	87,6	1.135	346	630	1.765	1.900	135
2024	30.400	89,1	1.155	346	642	1.797	1.900	103
2025	30.936	90,7	1.176	346	653	1.829	1.900	71
2026	31.466	92,3	1.196	346	664	1.860	1.900	40
2027	31.990	93,8	1.216	346	675	1.891	1.900	9
2028	32.508	95,3	1.235	346	686	1.922	1.900	(22)
2029	33.020	96,8	1.255	346	697	1.952	1.900	(52)

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Como se aprecia en tabla 7.16 el estanque de regulación del sector La Foresta-Rosario no es capaz de mantener la demanda del sector desde el año 2028, presentando un déficit acumulado de 52 m3 en año 2029. En tabla 7.17 se presenta la situación con proyecto que considera construir un estanque de regulación en el sector La Foresta-Rosario de 60m3, quedando un superávit 8 m3 en año 2029.

Tabla 7.17: Balance oferta demanda regulación Foresta-Rosario (con proyecto)

Año	Déficit sin proyecto	Obra Proyectada		Balance con proyecto
		Designación	Capacidad (m3)	
2014				
2015				
2016				
2017				
2018				
2019				
2020				
2021				
2022				
2023				
2024				
2025				
2026				
2027				
2028	(22)	Ampliación Estanque La	60	38
2029	(52)	Foresta-Rosario	60	8

Fuente: Elaboración propia, 2014.

En tabla 7.18 se presenta situación sin proyecto del estanque Pioneros. El volumen de regulación fue dimensionado de acuerdo a los criterios de diseño del capítulo 5, dimensionamiento estanques de agua potable.

Tabla 7.18: Balance oferta demanda regulación Pioneros (sin proyecto)

Año	Población (hab)	Q <sub>máx.día</sub> dist l/s	Volumen (m <sup>3</sup> )				Capacidad existente (m <sup>3</sup> )	Balance sin Proy (m3)
			Regulación	Incendio	Seguridad	Total		
2014	10.557	39,6	514	230	285	799	800	1

Año	Población	Q <sub>máx.día</sub>	Volumen (m <sup>3</sup> )				Capacidad	Balance
2015	11.079	41,6	539	230	299	838	800	(38)
2016	11.400	42,8	555	230	308	863	800	(63)
2017	11.656	43,8	567	230	315	882	800	(82)
2018	11.911	44,7	579	230	322	901	800	(101)
2019	12.164	45,7	592	230	329	921	800	(121)
2020	12.414	46,6	604	230	336	939	800	(139)
2021	12.661	47,5	616	230	342	958	800	(158)
2022	12.905	48,4	628	230	349	977	800	(177)
2023	13.147	49,4	640	230	355	995	800	(195)
2024	13.386	50,2	651	230	362	1.013	800	(213)
2025	13.622	51,1	663	230	368	1.031	800	(231)
2026	13.855	52,0	674	230	374	1.049	800	(249)
2027	14.086	52,9	685	230	381	1.066	800	(266)
2028	14.314	53,7	696	230	387	1.083	800	(283)
2029	14.540	54,6	707	230	393	1.100	800	(300)

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Como se aprecia en tabla 7.18 el estanque de regulación del sector Pioneros no es capaz de mantener la demanda del sector desde el año 2015, presentando un déficit acumulado de 300 m<sup>3</sup> en año 2029. En tabla 7.19 se presenta la situación con proyecto que considera construir un estanque de regulación en el sector Pioneros de 300 m<sup>3</sup>, quedando un superávit 0 m<sup>3</sup> en año 2029.

**Tabla 7.19: Balance oferta demanda regulación Pioneros (con proyecto)**

Año	Déficit sin proyecto	Obra Proyectada Designación	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Balance con proyecto
2014				
2015	(38)		150	112
2016	(63)		150	87
2017	(82)	Ampliación Estanque Pioneros	150	68
2018	(101)	V= 150 m <sup>3</sup>	150	49
2019	(121)		150	29
2020	(139)		150	11
2021	(158)		300	142
2022	(177)		300	123
2023	(195)		300	105
2024	(213)	Ampliación Estanque Pioneros	300	87
2025	(231)	V= 150 m <sup>3</sup>	300	69
2026	(249)		300	51
2027	(266)		300	34
2028	(283)		300	17
2029	(300)		300	0,0

Fuente: Elaboración propia, 2014.

7.1.7. Balance Oferta Demanda Planta elevadora e Impulsiones de Distribución.

La empresa Aguas San Pedro S.A., cuenta con plantas elevadoras de distribución en el área de estudio y sus características y capacidades se detallan en el capítulo 4 del presente estudio. Solo el sector Pioneros y La Foresta-Rosario presentan déficit, por lo que le balance oferta demanda de las otras platas elevadoras se presentan en Anexo 10.

En tabla 7.20 y 7.21 se presenta situación sin proyecto de la PEAP La Foresta-Rosario y su impulsión asociada. La capacidad de conducción de su impulsión se dimensiona de acuerdo a los criterios de diseño del capítulo 5 para conducciones en presión.

Tabla 7.20: Balance oferta demanda PEAP distribución Foresta-Rosario (sin proyecto) e impulsión asociada

Año	Longitud (m)	Deq (mm)	Hg (m)	Impulsión Asociada	Helev (m)
				max (Qmaxh;Qmax Diario (m)+Incendio)	
2014	450	268	9,4	105,5	13,57
2015	450	268	9,4	121,8	14,86
2016	450	268	9,4	123,9	15,04
2017	450	268	9,4	125,6	15,19
2018	450	268	9,4	127,3	15,34
2019	450	268	9,4	129,0	15,48
2020	450	268	9,4	130,7	15,63
2021	450	268	9,4	132,3	15,78
2022	450	268	9,4	133,9	15,92
2023	450	268	9,4	135,6	16,07
2024	450	268	9,4	137,1	16,22
2025	450	268	9,4	138,7	16,37
2026	450	268	9,4	140,3	16,51
2027	450	268	9,4	141,8	16,66
2028	450	268	9,4	143,3	16,80
2029	450	268	9,4	145,2	16,99

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Tabla 7.21: Balance oferta demanda PEAP distribución Foresta-Rosario (sin proyecto) e impulsión asociada

Año	Oferta de Capacidad		Oferta Conducción (l/s)	Demanda de Capacidad		Balance Sin proyecto		Balance Conducción (l/s)
	Q (l/s)	H (m)		max (Qmaxh;Qmax Diario (m)+Incendio)	Helev (m)	Q (l/s)	H elev. (m)	
2014	110,0	45,00	145,3	105,5	13,6	4,5	31,4	39,8
2015	110,0	45,00	145,3	121,8	14,9	(11,8)	30,1	23,5
2016	110,0	45,00	145,3	123,9	15,0	(13,9)	30,0	21,3
2017	110,0	45,00	145,3	125,6	15,2	(15,6)	29,8	19,6

Año	Oferta de Capacidad		Oferta Conducción (l/s)	Demanda de Capacidad		Balance Sin proyecto		Balance Conducción (l/s)
	Q (l/s)	H (m)		max (Qmaxh;Qmax Diario (m)+Incendio)	Helev (m)	Q (l/s)	H elev. (m)	
2018	110,0	45,00	145,3	127,3	15,3	(17,3)	29,7	17,9
2019	110,0	45,00	145,3	129,0	15,5	(19,0)	29,5	16,2
2020	110,0	45,00	145,3	130,7	15,6	(20,7)	29,4	14,6
2021	110,0	45,00	145,3	132,3	15,8	(22,3)	29,2	12,9
2022	110,0	45,00	145,3	133,9	15,9	(23,9)	29,1	11,3
2023	110,0	45,00	145,3	135,6	16,1	(25,6)	28,9	9,7
2024	110,0	45,00	145,3	137,1	16,2	(27,1)	28,8	8,1
2025	110,0	45,00	145,3	138,7	16,4	(28,7)	28,6	6,5
2026	110,0	45,00	145,3	140,3	16,5	(30,3)	28,5	5,0
2027	110,0	45,00	145,3	141,8	16,7	(31,8)	28,3	3,4
2028	110,0	45,00	145,3	143,3	16,8	(33,3)	28,2	1,9
2029	110,0	45,00	145,3	145,2	17,0	(35,2)	28,0	0,0

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Como se aprecia en tabla 7.21 la planta elevadora de distribución del sector La Foresta-Rosario no es capaz de mantener la demanda del sector desde el año 2015, presentando un déficit acumulado de 35,2 L/s en año 2029. En tabla 7.22 se presenta la situación con proyecto que considera aumentar la capacidad de la planta elevadora del sector La Foresta-Rosario en 36 L/s, quedando un superávit de 0,80 L/s en año 2029.

Tabla 7.22: Balance oferta demanda PEAP distribución Foresta-Rosario (con proyecto) e impulsión asociada

Año	Déficit Sin Proyecto		Déficit Conducción (l/s)	Obras Projectada				Balance con proyecto		
	Q (l/s)	H elev (m)		Impulsión	Planta elevadora		Planta elevadora		Balance Conducción Con Proyecto (l/s)	
					D (mm)	L (m)	Q (l/s)	H (m)		Q (l/s)
2014										
2015	(11,78)					20,00	17,00	8,2	2,14	
2016	(13,92)					20,00	17,00	6,1	1,96	
2017	(15,62)					20,00	17,00	4,4	1,81	
2018	(17,33)					20,00	17,00	2,7	1,66	
2019	(19,01)					20,00	17,00	1,0	1,52	
2020	(20,67)					36,00	17,00	15,3	1,37	
2021	(22,32)					36,00	17,00	13,7	1,22	
2022	(23,95)					36,00	17,00	12,1	1,08	
2023	(25,56)					36,00	17,00	10,4	0,93	
2024	(27,15)					36,00	17,00	8,9	0,78	
2025	(28,72)					36,00	17,00	7,3	0,63	
2026	(30,27)					36,00	17,00	5,7	0,49	
2027	(31,81)					36,00	17,00	4,2	0,34	
2028	(33,33)					36,00	17,00	2,7	0,20	
2029	(35,25)					36,00	17,00	0,8	0,01	

Fuente: Elaboración propia, 2014.

En tabla 7.23 y 7.24 se presenta situación sin proyecto de la PEAP Pioneros y su impulsión asociada. La capacidad de conducción de su impulsión se dimensiona de acuerdo a los criterios de diseño del capítulo 5 para conducciones en presión.

Tabla 7.23: Balance oferta demanda PEAP distribución Pioneros (sin proyecto) e impulsión asociada

Año	Longitud (m)	D (mm)	Hg (m)	Impulsión Asociada	Helev (m)
				max (Qmaxh;Qmax Diario (m)+Incendio)	
2014	1.738	200	7,0	71,6	40,30
2015	1.738	200	7,0	73,6	42,00
2016	1.738	200	7,0	74,8	43,07
2017	1.738	200	7,0	75,8	43,93
2018	1.738	200	7,0	76,7	44,80
2019	1.738	200	7,0	77,7	45,68
2020	1.738	200	7,0	78,6	46,54
2021	1.738	200	7,0	79,5	47,41
2022	1.738	200	7,0	80,4	48,28
2023	1.738	200	7,0	81,4	49,15
2024	1.738	200	7,0	82,2	50,01
2025	1.738	200	7,0	83,1	50,87
2026	1.738	200	7,0	84,0	51,73
2027	1.738	200	7,0	84,9	52,59
2028	1.738	200	7,0	85,7	53,45
2029	1.738	200	7,0	86,6	54,30

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Tabla 7.24: Balance oferta demanda PEAP distribución Pioneros (sin proyecto) e impulsión asociada

Año	Oferta de Capacidad		Oferta Conducción (l/s)	Demanda de Capacidad		Balance Sin proyecto		Balance Conducción (l/s)
	Q (l/s)	H (m)		max (Qmaxh;Qmax Diario (m)+Incendio)	Helev (m)	Q (l/s)	H elev. (m)	
2014	132,0	45,00	77,0	71,6	40,3	60,4	4,7	5,4
2015	132,0	45,00	77,0	73,6	42,0	58,4	3,0	3,4
2016	132,0	45,00	77,0	74,8	43,1	57,2	1,9	2,2
2017	132,0	45,00	77,0	75,8	43,9	56,2	1,1	1,3
2018	132,0	45,00	77,0	76,7	44,8	55,3	0,2	0,3
2019	132,0	45,00	77,0	77,7	45,7	54,3	(0,7)	(0,6)
2020	132,0	45,00	77,0	78,6	46,5	53,4	(1,5)	(1,6)
2021	132,0	45,00	77,0	79,5	47,4	52,5	(2,4)	(2,5)
2022	132,0	45,00	77,0	80,4	48,3	51,6	(3,3)	(3,4)
2023	132,0	45,00	77,0	81,4	49,1	50,6	(4,1)	(4,3)
2024	132,0	45,00	77,0	82,2	50,0	49,8	(5,0)	(5,2)
2025	132,0	45,00	77,0	83,1	50,9	48,9	(5,9)	(6,1)
2026	132,0	45,00	77,0	84,0	51,7	48,0	(6,7)	(7,0)

Año	Oferta de Capacidad		Oferta Conducción	Demanda de Capacidad		Balance Sin proyecto		Balance Conducción
	Q (l/s)	H (m)		max (Qmaxh;Qmax Diario (m)+Incendio)	Helev (m)	Q (l/s)	H elev. (m)	
2027	132,0	45,00	77,0	84,9	52,6	47,1	(7,6)	(7,9)
2028	132,0	45,00	77,0	85,7	53,4	46,3	(8,4)	(8,7)
2029	132,0	45,00	77,0	86,6	54,3	45,4	(9,3)	(9,6)

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Como se aprecia en tabla 7.24 la planta elevadora de distribución del sector Pioneros no es capaz de mantener la demanda del sector desde el año 2019, presentando un déficit acumulado de elevación de 9,3 m en año 2029 y un déficit de conducción de su impulsión de 9,6 L/s en el año 2019. En tabla 7.25 se presenta la situación con proyecto que considera aumentar la capacidad de elevación de la planta elevadora del sector Pioneros en 55,0 m, quedando un superávit de 0,70 m en año 2029 y se proyecta un refuerzo de su impulsión correspondiendo a una cañería de HDPE DN= 160 mm y una longitud de 1.738 m lo que permitirá conducir un mayor caudal.

Tabla 7.25: Balance oferta demanda PEAP distribución Pioneros (con proyecto) e impulsión asociada

Año	Déficit Sin Proyecto		Déficit Conducción	Obras Proyectada				Balance con proyecto	
	Q (l/s)	H elev (m)		Impulsión		Planta elevadora		Planta elevadora	
			(l/s)	D (mm)	L (m)	Q (l/s)	H (m)	Q (l/s)	H elev. (m)
2014									
2015									
2016									
2017									
2018									
2019	(0,68)		(0,64)	160,0	1.738,0	1,00	55,00	9,32	11,58
2020	(1,54)		(1,58)	160,0	1.738,0	1,00	55,00	8,46	10,64
2021	(2,41)		(2,51)	160,0	1.738,0	1,00	55,00	7,59	9,72
2022	(3,28)		(3,42)	160,0	1.738,0	1,00	55,00	6,72	8,80
2023	(4,15)		(4,33)	160,0	1.738,0	1,00	55,00	5,85	7,89
2024	(5,01)		(5,23)	160,0	1.738,0	1,00	55,00	4,99	7,00
2025	(5,87)		(6,11)	160,0	1.738,0	1,00	55,00	4,13	6,11
2026	(6,73)		(6,99)	160,0	1.738,0	1,00	55,00	3,27	5,23
2027	(7,59)		(7,86)	160,0	1.738,0	1,00	55,00	2,41	4,37
2028	(8,45)		(8,71)	160,0	1.738,0	1,00	55,00	1,55	3,51
2029	(9,30)		(9,56)	160,0	1.738,0	1,00	55,00	0,70	2,66

Fuente: Elaboración propia, 2014.

7.1.8. Verificación Hidráulica Sistema de Distribución.

La modelación hidráulica de las redes de distribución se verifica para la situación de demanda correspondiente al año 15, para los siguientes escenarios, requeridos en la Norma NCh 691 Of.98;

- ❑ Caudal máximo horario, con una presión de servicio de la tubería de 15 mca, excluyendo el arranque (10 mca después de la segunda llave de paso del medidor).
- ❑ Caudal máximo diario + Q incendio, con una presión mínima de servicio en la tubería de 5 mca.
- ❑ Además se verificó la red para la presión estática comprobando que ningún modulo esté sobre los 70 mca.

La simulación se realiza con el programa computacional WATERCAD 6.0, que permite verificar, basándose en la topografía y distribución de consumos en la localidad, el funcionamiento de la red de distribución principal o básica.

Tabla 7.26: Balance oferta demanda red de distribución (sin proyecto)  
Sector San Pedro de la Paz-Pic

Sector o Cuartel	Presiones Bajo norma año 5			Presiones sobre norma año 5		
	Nodo	Valor Presión Estática m.c.a	Valor Presión Dinámica m.c.a	Nodo	Valor Presión Estática m.c.a	Valor Presión Dinámica m.c.a
San Pedro-PIC	No existen presiones fuera de norma			No existen presiones fuera de norma		

Fuente: Elaboración propia, 2014.

En el Anexo N°5 se presenta la verificación de la red de distribución de agua potable del sector en estudio.

7.1.9. Esquema de Obras Futuras

De acuerdo a los déficits presentados en las unidades anteriores, en Anexo 3 de la presente tesis, se presentan las infraestructuras planificadas de agua potable en el área de estudio, lo que permitirá a la empresa mantener la continuidad del servicio sanitario del sector durante los próximos años. El cronograma de inversiones se presentará en el capítulo 8 del presente estudio.

7.2 Balance oferta demanda sistema de aguas servidas

En el presente punto se analiza la oferta y la demanda, actual y futura, para el sistema de recolección y disposición de las aguas residuales en el área de estudio.

De esta manera, se obtienen los requerimientos parciales y globales de capacidad de dicho sistema hasta el año 15 y, de acuerdo a ello, se planifican las obras e inversiones que se requieren proyectar.

7.2.1. Planta Elevadoras e Impulsiones Asociadas de Recolección

La empresa Aguas San Pedro S.A., cuenta con plantas elevadoras de recolección en el área de estudio y sus características y capacidades se detallan en el capítulo 4 del presente estudio. Solo las PEAS SPDV, PIC, Norte y Conavicoop presentan déficit, por lo que el balance oferta demanda de las otras plantas elevadoras se presentan en Anexo 10.

En tabla 7.27 y 7.28 se presenta situación sin proyecto de la PEAS SPDV y su impulsión asociada. La capacidad de conducción de su impulsión se dimensiona de acuerdo a los criterios de diseño del capítulo 5 para conducciones en presión.

Tabla 7.27: Balance oferta demanda PEAS SPDV (sin proyecto) e impulsiones asociadas de recolección

Año	Longitud (m)	Impulsión Asociada			Helev (m)
		D (mm)	Hg (m)	Qmax horario (l/s)	
2014	4.164	200,0	5,5	11,96	10,19
2015	4.164	200,0	5,5	12,49	10,59
2016	4.164	200,0	5,5	12,48	10,58
2017	4.164	200,0	5,5	12,75	10,79
2018	4.164	200,0	5,5	13,03	11,01
2019	4.164	200,0	5,5	13,31	11,22
2020	4.164	200,0	5,5	13,58	11,45
2021	4.164	200,0	5,5	13,85	11,67
2022	4.164	200,0	5,5	14,10	11,88
2023	4.164	200,0	5,5	14,33	12,07
2024	4.164	200,0	5,5	14,55	12,26
2025	4.164	200,0	5,5	14,76	12,45
2026	4.164	200,0	5,5	14,98	12,64
2027	4.164	200,0	5,5	15,19	12,83
2028	4.164	200,0	5,5	15,40	13,01
2029	4.164	200,0	5,5	15,60	13,20

Fuente: Elaboración propia, 2014.



Tabla 7.28: Balance oferta demanda PEAS SPDV (sin proyecto) e impulsiones asociadas de recolección

Año	Oferta de Capacidad		Oferta Conducción (l/s)	Demanda de Capacidad		Balance Sin proyecto		Balance Conducción (l/s)
	Q (l/s)	H (m)		Qmax h (l/s)	Helev (m)	Q (l/s)	H elev. (m)	
2014	43,7	12,7	38,5	11,96	10,19	31,74	2,5	26,55
2015	43,7	12,7	38,5	12,49	10,59	31,21	2,1	26,02
2016	43,7	12,7	38,5	12,48	10,58	31,22	2,1	26,03
2017	43,7	12,7	38,5	12,75	10,79	30,95	1,9	25,76
2018	43,7	12,7	38,5	13,03	11,01	30,67	1,7	25,48
2019	43,7	12,7	38,5	13,31	11,22	30,39	1,5	25,20
2020	43,7	12,7	38,5	13,58	11,45	30,12	1,3	24,93
2021	43,7	12,7	38,5	13,85	11,67	29,85	1,0	24,66
2022	43,7	12,7	38,5	14,10	11,88	29,60	0,8	24,41
2023	43,7	12,7	38,5	14,33	12,07	29,37	0,6	24,18
2024	43,7	12,7	38,5	14,55	12,26	29,15	0,4	23,97
2025	43,7	12,7	38,5	14,76	12,45	28,94	0,3	23,75
2026	43,7	12,7	38,5	14,98	12,64	28,72	0,1	23,53
2027	43,7	12,7	38,5	15,19	12,83	28,51	(0,1)	23,32
2028	43,7	12,7	38,5	15,40	13,01	28,30	(0,3)	23,12
2029	43,7	12,7	38,5	15,60	13,20	28,10	(0,5)	22,91

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Como se aprecia en tabla 7.28 la planta elevadora de recolección del sector SPDV no es capaz de mantener la demanda del sector desde el año 2027, presentando un déficit acumulado de elevación de 0,5 m en año 2029. En tabla 7.29 se presenta la situación con proyecto que considera aumentar la capacidad de la planta elevadora del sector SPDV en 14 m, quedando un superávit de 0,80 m en año 2029.

Tabla 7.29: Balance oferta demanda PEAS SPDV (con proyecto) e impulsiones asociadas de recolección

Año	Déficit Sin Proyecto		Déficit Conducción (l/s)	Obras Proyectada (*)				Balance con proyecto		
				Impulsión	Planta elevadora		Planta elevadora		Balance Conducción Con Proyecto (l/s)	
	Q (l/s)	H elev (m)			D (mm)	L (m)	Q (l/s)	H (m)		Q (l/s)
2014										
2015										
2016										
2017										
2018										
2019										
2020										
2021										
2022										
2023										
2024										
2025										
2026										

Año	Déficit Sin Proyecto		Déficit Conducción (l/s)	Obras Proyectoada (*)				Balance con proyecto		
	Q (l/s)	H elev (m)		Impulsión	Planta elevadora		Planta elevadora	Balance Conducción Con Proyecto (l/s)		
					D (mm)	L (m)			Q (l/s)	H (m)
2027		(0,1)				1,0	14,0		1,2	
2028		(0,3)				1,0	14,0		1,0	
2029		(0,5)				1,0	14,0		0,8	

Fuente: Elaboración propia, 2014.

En tabla 7.30 y 7.31 se presenta situación sin proyecto de la PEAS PIC y su impulsión asociada. La capacidad de conducción de su impulsión se dimensiona de acuerdo a los criterios de diseño del capítulo 5 para conducciones en presión.

Tabla 7.30: Balance oferta demanda PEAS PIC (sin proyecto) e impulsiones asociadas de recolección (Incluye PEAS Polpaico y La Madera)

Año	Impulsión Asociada				
	Longitud (m)	D (mm)	Hg (m)	Qmax h (l/s)	Helev (m)
2014	1.560	1,5	7,0	37,74	12,03
2015	1.560	1,5	7,0	38,74	12,28
2016	1.560	1,5	7,0	39,05	12,36
2017	1.560	1,5	7,0	39,54	12,48
2018	1.560	1,5	7,0	40,03	12,61
2019	1.560	1,5	7,0	40,51	12,73
2020	1.560	1,5	7,0	40,97	12,86
2021	1.560	1,5	7,0	41,41	12,97
2022	1.560	1,5	7,0	41,82	13,08
2023	1.560	1,5	7,0	42,20	13,19
2024	1.560	1,5	7,0	42,57	13,29
2025	1.560	1,5	7,0	42,93	13,39
2026	1.560	1,5	7,0	43,29	13,48
2027	1.560	1,5	7,0	43,63	13,58
2028	1.560	1,5	7,0	43,97	13,67
2029	1.560	1,5	7,0	44,29	13,77

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Tabla 7.31: Balance oferta demanda PEAS PIC (sin proyecto) e impulsiones asociadas de recolección (Incluye PEAS Polpaico y La Madera)

Año	Oferta de Capacidad		Oferta Conducción (l/s)	Demanda de Capacidad		Balance Sin proyecto		Balance Conducción (l/s)
	Q (l/s)	H (m)		Qmax h (l/s)	Helev (m)	Q (l/s)	H elev. (m)	
2014	25,0	11,6	60,2	37,74	12,03	(12,74)	(0,4)	22,43
2015	25,0	11,6	60,2	38,74	12,28	(13,74)	(0,7)	21,44
2016	25,0	11,6	60,2	39,05	12,36	(14,05)	(0,8)	21,12
2017	25,0	11,6	60,2	39,54	12,48	(14,54)	(0,9)	20,63
2018	25,0	11,6	60,2	40,03	12,61	(15,03)	(1,0)	20,14

Año	Oferta de Capacidad		Oferta Conducción (l/s)	Demanda de Capacidad		Balance Sin proyecto		Balance Conducción (l/s)
	Q (l/s)	H (m)		Qmax h (l/s)	Helev (m)	Q (l/s)	H elev. (m)	
2019	25,0	11,6	60,2	40,51	12,73	(15,51)	(1,1)	19,66
2020	25,0	11,6	60,2	40,97	12,86	(15,97)	(1,3)	19,20
2021	25,0	11,6	60,2	41,41	12,97	(16,41)	(1,4)	18,76
2022	25,0	11,6	60,2	41,82	13,08	(16,82)	(1,5)	18,35
2023	25,0	11,6	60,2	42,20	13,19	(17,20)	(1,6)	17,97
2024	25,0	11,6	60,2	42,57	13,29	(17,57)	(1,7)	17,60
2025	25,0	11,6	60,2	42,93	13,39	(17,93)	(1,8)	17,24
2026	25,0	11,6	60,2	43,29	13,48	(18,29)	(1,9)	16,89
2027	25,0	11,6	60,2	43,63	13,58	(18,63)	(2,0)	16,54
2028	25,0	11,6	60,2	43,97	13,67	(18,97)	(2,1)	16,21
2029	25,0	11,6	60,2	44,29	13,77	(19,29)	(2,2)	15,88

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Como se aprecia en tabla 7.31 la planta elevadora de recolección del sector PIC no es capaz de mantener la demanda del sector desde el año 2015, presentando un déficit acumulado de elevación de 19,29 L/s a 2,2 m en año 2029. En tabla 7.32 se presenta la situación con proyecto que considera aumentar la capacidad de la planta elevadora del sector PIC en 21 L/s a 15 m, quedando un superávit de 1,7 L/s a 1,23 m en año 2029.

Tabla 7.32: Balance oferta demanda PEAS PIC (con proyecto)  
e impulsiones asociadas de recolección (Incluye PEAS Polpaico y La Madera)

Año	Déficit Sin Proyecto		Déficit Conducción (l/s)	Obras Proyectoada (*)				Balance con proyecto		Balance Conducción Con Proyecto (l/s)
	Q (l/s)	H elev (m)		Impulsión	Planta elevadora		Planta elevadora			
					D (mm)	L (m)	Q (l/s)	H (m)	Q (l/s)	
2014										
2015	(13,74)	(0,68)				21,0	15,0	7,3	2,72	
2016	(14,05)	(0,76)				21,0	15,0	7,0	2,64	
2017	(14,54)	(0,88)				21,0	15,0	6,5	2,52	
2018	(15,03)	(1,01)				21,0	15,0	6,0	2,39	
2019	(15,51)	(1,13)				21,0	15,0	5,5	2,27	
2020	(15,97)	(1,26)				21,0	15,0	5,0	2,14	
2021	(16,41)	(1,37)				21,0	15,0	4,6	2,03	
2022	(16,82)	(1,48)				21,0	15,0	4,2	1,92	
2023	(17,20)	(1,59)				21,0	15,0	3,8	1,81	
2024	(17,57)	(1,69)				21,0	15,0	3,4	1,71	
2025	(17,93)	(1,79)				21,0	15,0	3,1	1,61	
2026	(18,29)	(1,88)				21,0	15,0	2,7	1,52	
2027	(18,63)	(1,98)				21,0	15,0	2,4	1,42	
2028	(18,97)	(2,07)				21,0	15,0	2,0	1,33	
2029	(19,29)	(2,17)				21,0	15,0	1,7	1,23	

Fuente: Elaboración propia, 2014.

En tabla 7.33 y 7.34 se presenta situación sin proyecto de la PEAS Norte y su impulsión asociada. La capacidad de conducción de su impulsión se dimensiona de acuerdo a los criterios de diseño del capítulo 5 para conducciones en presión.

Tabla 7.33: Balance oferta demanda PEAS Norte (sin proyecto) e impulsiones asociadas de recolección (incluye peas spvd+peas masisa)

Año	Longitud Tramo 1(m)	Longitud Tramo 2(m)	Longitud Tramo 3(m)	Longitud Tramo 4(m)	Impulsión Asociada														Helev Total
					D Tramo 1 (mm)	D Tramo 2 (mm)	D Tramo 3 (mm)	D Tramo 4 (mm)	Hg (m)	Qmax h Tramo 1	Qmax h Tramo 2	Qmax h Tramo 3	Qmax h Tramo 4	Helev Tramo 1	Helev Tramo 2	Helev Tramo 3	Helev Tramo 4		
										L/s	L/s	L/s	L/s	m	m	m	m		
2014	956	1.652	373	1.726	315,0	315,0	250,0	250,0	8,7	36,10	37,61	47,47	50,45	0,92	1,71	1,84	9,53	22,69	
2015	956	1.652	373	1.726	315,0	315,0	250,0	250,0	8,7	37,70	39,28	49,55	52,65	0,99	1,85	1,99	10,31	23,85	
2016	956	1.652	373	1.726	315,0	315,0	250,0	250,0	8,7	37,63	39,20	49,44	52,52	0,99	1,85	1,98	10,26	23,78	
2017	956	1.652	373	1.726	315,0	315,0	250,0	250,0	8,7	38,46	40,07	50,52	53,67	1,03	1,92	2,06	10,68	24,40	
2018	956	1.652	373	1.726	315,0	315,0	250,0	250,0	8,7	39,30	40,95	51,61	54,82	1,07	2,00	2,15	11,11	25,03	
2019	956	1.652	373	1.726	315,0	315,0	250,0	250,0	8,7	40,13	41,81	52,69	55,96	1,12	2,08	2,23	11,54	25,67	
2020	956	1.652	373	1.726	315,0	315,0	250,0	250,0	8,7	40,96	42,68	53,76	57,09	1,16	2,16	2,32	11,98	26,31	
2021	956	1.652	373	1.726	315,0	315,0	250,0	250,0	8,7	41,79	43,55	54,85	58,24	1,20	2,24	2,40	12,43	26,98	
2022	956	1.652	373	1.726	315,0	315,0	250,0	250,0	8,7	42,54	44,33	55,82	59,27	1,24	2,32	2,48	12,84	27,58	
2023	956	1.652	373	1.726	315,0	315,0	250,0	250,0	8,7	43,21	45,03	56,69	60,19	1,28	2,39	2,55	13,21	28,13	
2024	956	1.652	373	1.726	315,0	315,0	250,0	250,0	8,7	43,87	45,71	57,54	61,09	1,32	2,45	2,63	13,58	28,68	
2025	956	1.652	373	1.726	315,0	315,0	250,0	250,0	8,7	44,52	46,39	58,39	61,98	1,35	2,52	2,70	13,95	29,22	
2026	956	1.652	373	1.726	315,0	315,0	250,0	250,0	8,7	45,17	47,06	59,22	62,86	1,39	2,59	2,77	14,32	29,76	
2027	956	1.652	373	1.726	315,0	315,0	250,0	250,0	8,7	45,80	47,72	60,04	63,73	1,43	2,66	2,84	14,68	30,31	
2028	956	1.652	373	1.726	315,0	315,0	250,0	250,0	8,7	46,43	48,38	60,85	64,59	1,46	2,73	2,91	15,05	30,85	
2029	956	1.652	373	1.726	315,0	315,0	250,0	250,0	8,7	47,05	49,02	61,66	65,44	1,50	2,79	2,98	15,42	31,40	

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Tabla 7.34 Balance oferta demanda PEAS Norte (sin proyecto) e impulsiones asociadas de recolección (incluye peas spvd+peas masisa)

Año	Oferta de Capacidad		Oferta Conducción	Demanda de Capacidad		Balance Sin proyecto		Balance Conducción
	Q (l/s)	H (m)		Qmax h	Helev Total (m)	Q (l/s)	H elev. (m)	
2014	34,9	14,8	88,6	36,10	22,69	(1,20)	(7,9)	52,51
2015	34,9	14,8	88,6	37,70	23,85	(2,80)	(9,0)	50,91
2016	34,9	14,8	88,6	37,63	23,78	(2,73)	(9,0)	50,98
2017	34,9	14,8	88,6	38,46	24,40	(3,56)	(9,6)	50,14
2018	34,9	14,8	88,6	39,30	25,03	(4,40)	(10,2)	49,31
2019	34,9	14,8	88,6	40,13	25,67	(5,23)	(10,9)	48,48
2020	34,9	14,8	88,6	40,96	26,31	(6,06)	(11,5)	47,65
2021	34,9	14,8	88,6	41,79	26,98	(6,89)	(12,2)	46,81
2022	34,9	14,8	88,6	42,54	27,58	(7,64)	(12,8)	46,06
2023	34,9	14,8	88,6	43,21	28,13	(8,31)	(13,3)	45,39
2024	34,9	14,8	88,6	43,87	28,68	(8,97)	(13,9)	44,73
2025	34,9	14,8	88,6	44,52	29,22	(9,62)	(14,4)	44,08
2026	34,9	14,8	88,6	45,17	29,76	(10,27)	(15,0)	43,44
2027	34,9	14,8	88,6	45,80	30,31	(10,90)	(15,5)	42,80
2028	34,9	14,8	88,6	46,43	30,85	(11,53)	(16,1)	42,17
2029	34,9	14,8	88,6	47,05	31,40	(12,15)	(16,6)	41,55

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Como se aprecia en tabla 7.34 la planta elevadora de recolección del sector Norte no es capaz de mantener la demanda del sector desde el año 2014, presentando un déficit acumulado de elevación de 12,15 L/s a 16,6 m en año 2029. En tabla 7.35 se presenta la situación con proyecto que considera aumentar la capacidad de la planta elevadora del sector Norte en 13,0 L/s a 32,0 m, quedando un superávit de 0,9 L/s a 0,6 m en año 2029.

Tabla 7.35: Balance oferta demanda PEAS Norte (con proyecto) e impulsiones asociadas de recolección (incluye peas spvd+peas masisa)

Año	Déficit Sin Proyecto		Déficit Conducción (l/s)	Obras Projectada				Balance con proyecto			
	Q (l/s)	H elev (m)		Impulsión	Planta elevadora		Planta elevadora		Balance Conducción Con Proyecto (l/s)		
					D (mm)	L (m)	Q (l/s)	H (m)		Q (l/s)	H elev. (m)
2014											
2015	(2,80)	(9,05)				13,0	32,0	10,2	8,15		
2016	(2,73)	(8,98)				13,0	32,0	10,3	8,22		
2017	(3,56)	(9,60)				13,0	32,0	9,4	7,60		
2018	(4,40)	(10,23)				13,0	32,0	8,6	6,97		
2019	(5,23)	(10,87)				13,0	32,0	7,8	6,33		
2020	(6,06)	(11,51)				13,0	32,0	6,9	5,69		
2021	(6,89)	(12,18)				13,0	32,0	6,1	5,02		
2022	(7,64)	(12,78)				13,0	32,0	5,4	4,42		
2023	(8,31)	(13,33)				13,0	32,0	4,7	3,87		
2024	(8,97)	(13,88)				13,0	32,0	4,0	3,32		
2025	(9,62)	(14,42)				13,0	32,0	3,4	2,78		
2026	(10,27)	(14,96)				13,0	32,0	2,7	2,24		
2027	(10,90)	(15,51)				13,0	32,0	2,1	1,69		
2028	(11,53)	(16,05)				13,0	32,0	1,5	1,15		
2029	(12,15)	(16,60)				13,0	32,0	0,9	0,60		

Fuente: Elaboración propia, 2014.

En tabla 7.36 y 7.37 se presenta situación sin proyecto de la PEAS Conavicoop y su impulsión asociada. La capacidad de conducción de su impulsión se dimensiona de acuerdo a los criterios de diseño del capítulo 5 para conducciones en presión.

Tabla 7.36: Balance oferta demanda PEAS Conavicoop (sin proyecto) e impulsiones asociadas de recolección (incluye PEAS Socovesa, Fourcade, Norte, SPDV, Masisa y Avellano)

Año	Longitud Tramo 1(m)	Longitud Tramo 2(m)	Longitud Tramo 3(m)	Longitud Tramo 4(m)	Impulsión Asociada													
					D Tramo 1 (mm)	D Tramo 2 (mm)	D Tramo 3 (mm)	Deq Tramo 4 (mm)	Hg (m)	Qmax h Tramo 1	Qmax h Tramo 2	Qmax h Tramo 3	Qmax h Tramo 4	Helev Tramo 1	Helev Tramo 2	Helev Tramo 3	Helev Tramo 4	Helev Total
										L/s	L/s	L/s	L/s	m	m	m	m	m
2014	4.899	1.188	1.665	2.500	400,0	400,0	400,0	353,1	7,0	110,50	110,83	116,47	127,92	11,67	2,85	4,37	8,79	34,69
2015	4.899	1.188	1.665	2.500	400,0	400,0	400,0	353,1	7,0	115,21	115,55	121,44	133,35	12,61	3,07	4,72	9,50	36,91
2016	4.899	1.188	1.665	2.500	400,0	400,0	400,0	353,1	7,0	114,88	115,21	121,08	132,95	12,54	3,06	4,70	9,44	36,74
2017	4.899	1.188	1.665	2.500	400,0	400,0	400,0	353,1	7,0	117,33	117,68	123,67	135,79	13,04	3,18	4,89	9,82	37,93
2018	4.899	1.188	1.665	2.500	400,0	400,0	400,0	353,1	7,0	119,79	120,15	126,26	138,63	13,56	3,31	5,08	10,20	39,14
2019	4.899	1.188	1.665	2.500	400,0	400,0	400,0	353,1	7,0	122,23	122,59	128,83	141,44	14,07	3,43	5,27	10,59	40,37

Año	Longitud Tramo 1(m)	Longitud Tramo 2(m)	Longitud Tramo 3(m)	Longitud Tramo 4(m)	Impulsión Asociada														Helev Tramo 1	Helev Tramo 2	Helev Tramo 3	Helev Tramo 4	Helev Total
					D Tramo 1 (mm)	D Tramo 2 (mm)	D Tramo 3 (mm)	Deq Tramo 4 (mm)	Hg (m)	Qmax h Tramo 1	Qmax h Tramo 2	Qmax h Tramo 3	Qmax h Tramo 4										
					L/s	L/s	L/s	L/s	m	m	m	m	m										
2020	4.899	1.188	1.665	2.500	400,0	400,0	400,0	353,1	7,0	124,67	125,04	131,40	144,26	14,60	3,56	5,47	10,99	41,61					
2021	4.899	1.188	1.665	2.500	400,0	400,0	400,0	353,1	7,0	127,14	127,51	134,00	147,10	15,13	3,69	5,67	11,39	42,88					
2022	4.899	1.188	1.665	2.500	400,0	400,0	400,0	353,1	7,0	129,34	129,72	136,32	149,64	15,62	3,81	5,85	11,76	44,04					
2023	4.899	1.188	1.665	2.500	400,0	400,0	400,0	353,1	7,0	131,31	131,69	138,40	151,92	16,07	3,92	6,02	12,09	45,09					
2024	4.899	1.188	1.665	2.500	400,0	400,0	400,0	353,1	7,0	133,25	133,64	140,44	154,15	16,51	4,03	6,18	12,42	46,14					
2025	4.899	1.188	1.665	2.500	400,0	400,0	400,0	353,1	7,0	135,16	135,56	142,45	156,36	16,95	4,13	6,35	12,75	47,18					
2026	4.899	1.188	1.665	2.500	400,0	400,0	400,0	353,1	7,0	137,04	137,44	144,43	158,53	17,39	4,24	6,51	13,08	48,23					
2027	4.899	1.188	1.665	2.500	400,0	400,0	400,0	353,1	7,0	138,89	139,30	146,39	160,67	17,83	4,35	6,68	13,41	49,27					
2028	4.899	1.188	1.665	2.500	400,0	400,0	400,0	353,1	7,0	140,74	141,16	148,34	162,81	18,27	4,45	6,84	13,74	50,31					
2029	4.899	1.188	1.665	2.500	400,0	400,0	400,0	353,1	7,0	142,56	142,98	150,25	164,91	18,71	4,56	7,01	14,07	51,35					

Fuente: Elaboración propia, 2014.

**Tabla 7.37: Balance oferta demanda PEAS Conavicoop (sin proyecto) e impulsiones asociadas de recolección (incluye PEAS Socovesa, Fourcade, Norte, SPDV, Masisa y Avellano)**

Año	Oferta de Capacidad		Oferta Conducción	Demanda de Capacidad		Balance Sin proyecto		Balance Conducción
	Q (l/s)	H (m)		Qmax h (L/s)	Helev Total (m)	Q (l/s)	H elev. (m)	
2014	80,0	50,0	199,0	110,50	34,69	(30,50)	15,3	88,49
2015	80,0	50,0	199,0	115,21	36,91	(35,21)	13,1	83,78
2016	80,0	50,0	199,0	114,88	36,74	(34,88)	13,3	84,12
2017	80,0	50,0	199,0	117,33	37,93	(37,33)	12,1	81,66
2018	80,0	50,0	199,0	119,79	39,14	(39,79)	10,9	79,20
2019	80,0	50,0	199,0	122,23	40,37	(42,23)	9,6	76,76
2020	80,0	50,0	199,0	124,67	41,61	(44,67)	8,4	74,32
2021	80,0	50,0	199,0	127,14	42,88	(47,14)	7,1	71,86
2022	80,0	50,0	199,0	129,34	44,04	(49,34)	6,0	69,66
2023	80,0	50,0	199,0	131,31	45,09	(51,31)	4,9	67,69
2024	80,0	50,0	199,0	133,25	46,14	(53,25)	3,9	65,75
2025	80,0	50,0	199,0	135,16	47,18	(55,16)	2,8	63,84
2026	80,0	50,0	199,0	137,04	48,23	(57,04)	1,8	61,96
2027	80,0	50,0	199,0	138,89	49,27	(58,89)	0,7	60,10
2028	80,0	50,0	199,0	140,74	50,31	(60,74)	(0,3)	58,26
2029	80,0	50,0	199,0	142,56	51,35	(62,56)	(1,4)	56,44

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Como se aprecia en tabla 7.37 la planta elevadora de recolección del sector Conavicoop no es capaz de mantener la demanda del sector desde el año 2014, presentando un déficit acumulado de elevación de 62,56 L/s a 1,4 m en año 2029. En tabla 7.38 se presenta la situación con proyecto que considera aumentar la capacidad de la planta elevadora del sector Conavicoop en 63,0 L/s a 55,0 m, quedando un superávit de 0,4 L/s a 3,65 m en año 2029.

**Tabla 7.38 Balance oferta demanda PEAS Conavicoop (con proyecto) e impulsiones asociadas de recolección (incluye PEAS Socovesa, Fourcade, Norte, SPDV, Masisa y Avellano)**

Año	Déficit Sin Proyecto		Déficit Conducción (l/s)	Obras Projectada				Balance con proyecto		Balance Conducción Con Proyecto (l/s)
	Q (l/s)	H elev (m)		Impulsión D (mm)	L (m)	Planta elevadora		Planta elevadora		
						Q (l/s)	H (m)	Q (l/s)	H elev. (m)	
2014										
2015	(35,21)					40,0	55,0	4,8	18,09	
2016	(34,88)					40,0	55,0	5,1	18,26	
2017	(37,33)					40,0	55,0	2,7	17,07	
2018	(39,79)					40,0	55,0	0,2	15,86	
2019	(42,23)					63,0	55,0	20,8	14,63	
2020	(44,67)					63,0	55,0	18,3	13,39	
2021	(47,14)					63,0	55,0	15,9	12,12	
2022	(49,34)					63,0	55,0	13,7	10,96	
2023	(51,31)					63,0	55,0	11,7	9,91	
2024	(53,25)					63,0	55,0	9,8	8,86	
2025	(55,16)					63,0	55,0	7,8	7,82	
2026	(57,04)					63,0	55,0	6,0	6,77	
2027	(58,89)					63,0	55,0	4,1	5,73	
2028	(60,74)	(0,31)				63,0	55,0	2,3	4,69	
2029	(62,56)	(1,35)				63,0	55,0	0,4	3,65	

Fuente: Elaboración propia, 2014.

7.2.2. Balance Oferta-Demanda de Disposición.

7.2.2.1. Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas.

La empresa Aguas San Pedro S.A., cuenta con una planta de tratamiento de aguas servidas del tipo lodos activados con pretratamiento y desinfección en el área de estudio y sus características y capacidades se detallan en el capítulo 4 del presente estudio. La PTAS no presenta déficit en su operación al incluir nuevos clientes al área de estudio, por lo que su balance oferta demanda se presenta en Anexo 10

7.2.2.2. Conducciones de Disposición de Aguas Servidas

La empresa Aguas San Pedro S.A., cuenta con un emisario de descarga de aguas tratadas en su infraestructura, las que son conducidas hasta el mar de Chile mediante un emisario de descarga de aproximadamente 200 m de longitud. El detalle de su característica y capacidad se detallan en el capítulo 4 del presente estudio. La capacidad instalada de esta infraestructura es determinada de acuerdo a lo indicado en el capítulo 5, diseño de conducciones gravitacionales.

En tabla 7.39 se presenta situación sin proyecto de la conducción de descarga. La capacidad de conducción del emisario se dimensiona de acuerdo a los criterios de diseño del capítulo 5 para conducciones gravitacionales.

Tabla 7.39: Balance oferta demanda conducción de disposición (sin proyecto)

Año	Capacidad Q <sub>Máx</sub> porteo (l/s)			Total Capacidad L/s	Veq. m/s	Deq. mm	Demanda Q <sub>máx</sub> L/s	Balance sin Proy L/s
	PVC 400 L/s	Cond 2	Cond <sub>3</sub>					
2014	193,4	0,0	0,0	193,4	2,20	387	163,1	30,3
2015	193,4	0,0	0,0	193,4	2,20	387	168,8	24,7
2016	193,4	0,0	0,0	193,4	2,20	387	168,3	25,1
2017	193,4	0,0	0,0	193,4	2,20	387	171,3	22,1
2018	193,4	0,0	0,0	193,4	2,20	387	174,3	19,1
2019	193,4	0,0	0,0	193,4	2,20	387	177,3	16,2
2020	193,4	0,0	0,0	193,4	2,20	387	180,2	13,2
2021	193,4	0,0	0,0	193,4	2,20	387	183,1	10,3
2022	193,4	0,0	0,0	193,4	2,20	387	185,8	7,7
2023	193,4	0,0	0,0	193,4	2,20	387	188,1	5,3
2024	193,4	0,0	0,0	193,4	2,20	387	190,4	3,0
2025	193,4	0,0	0,0	193,4	2,20	387	192,7	0,7
2026	193,4	0,0	0,0	193,4	2,20	387	194,9	(1,5)
2027	193,4	0,0	0,0	193,4	2,20	387	197,2	(3,8)
2028	193,4	0,0	0,0	193,4	2,20	387	199,4	(6,0)
2029	193,4	0,0	0,0	193,4	2,20	387	201,5	(8,1)

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Como se aprecia en tabla 7.39 el emisario de descarga del sector en estudio no es capaz de conducir la demanda acumulada del año 2026, presentando un déficit de conducción de 8,1 L/s en año 2029. En tabla 7.40 se presenta la situación con proyecto que considera aumentar la capacidad conducción del emisario a 14,5 L/s, quedando un superávit de 6,4 L/s en año 2029.



Tabla 7.40: Balance oferta demanda conducción de disposición (con proyecto)

Año	Déficit Sin Proyecto (L/s)	Obra Proyectada (Q máx hor proy) <sup>18</sup> (L/s)	Balance con Proyecto (L/s)
2026	(1,5)	21,1	19,6
2027	(3,8)	18,9	15,1
2028	(6,0)	16,7	10,7
2029	(8,1)	14,5	6,4

Fuente: Elaboración propia, 2014.

**7.2.3. Esquema de Obras Futuras**

De acuerdo a los déficits presentados en las unidades anteriores, en el Anexo 3 del presente estudio, se presentan las infraestructuras planificadas de aguas servidas en el área de estudio, lo que permitirá a la empresa mantener la continuidad del servicio sanitario del sector durante los próximos años. El cronograma de inversiones se presentará en el capítulo 8 del presente estudio.

<sup>18</sup> Considera refuerzo HDPE PN6 DN= 200 mm ; L= 225 m

8. SOLUCIÓN DEFINIDA

De acuerdo a los déficits detectados en capítulo 7 “Balance Oferta-Demanda” del presente estudio, se detallan a continuación las obras necesarias para abastecer con agua potable y sanear las aguas servidas de la concesión en estudio, que permite la continuidad del servicio sanitario de la empresa Aguas San Pedro S.A. para el periodo de previsión 2014-2029.

En tabla 8.1 a tabla a 8.4 se presenta resumen de las obras planificadas por etapas.

Tabla 8.1: Resumen de obras planificadas. Etapa de producción

Etapa	Obra	Designación	Año Puesta en Operación
Producción	Obra 1	Construcción Malla Puntera Pioneros 04 Sistema Productivo Pioneros 8 L/s (incluye equipos, tuberías, accesorios, energía eléctrica)	2020
	Obra 2	Ampliación Capacidad PTAP PIC Q= 1 L/s (incluye equipos, tuberías, accesorios y energía eléctrica)	2027
	Obra 3	Ampliación Capacidad Cloración Sistema PIC Q= 24 L/s (equipos y tuberías)	2015
	Obra 4	Ampliación Capacidad PEAP Punteras Rosario 02 Q= 13 L/s; hm= 10 m (equipos y tuberías)	2021

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Tabla 8.2 Resumen de obras planificadas. Etapa de distribución

Etapa	Obra	Designación	Año Puesta en Operación
Distribución	Obra 1	Ampliación Estanque La Foresta-Rosario V= 60 m3	2027
	Obra 2	Ampliación Estanque Pioneros V= 150 m3	2015
	Obra 3	Ampliación Estanque Pioneros V= 150 m3	2020
	Obra 4	Ampliación Capacidad PEAP La Foresta-Rosario Q= 20 L/s a 17 m (equipos y tuberías)	2015
	Obra 5	Ampliación capacidad PEAP La Foresta-Rosario Q= 16 L/s a 17 m (equipos y tuberías)	2019
	Obra 6	Ampliación Capacidad PEAP Pioneros Q= 1 L/s a 55 m (equipos y tuberías)	2018
	Obra 7	Refuerzo Impulsión PEAP Pioneros DN= 160 mm ; L= 1.738	2018

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Tabla 8.3: Resumen de obras planificadas. Etapa de recolección

Etapa	Obra	Designación	Año Puesta en Operación
Recolección	Obra 1	Ampliación PEAS San Pedro del Valle Q= 1 L/s ; h=14 m (equipos y tuberías)	2026
	Obra 2	Ampliación PEAS PIC Q= 21 L/s ; h=15 m (equipos y tuberías)	2015
	Obra 3	Ampliación PEAS Norte Q= 13 L/s ; h=32 m (equipos y tuberías)	2015
	Obra 4	Ampliación PEAS Conavicoop Q= 40 L/s ; h=55 m (equipos y tuberías)	2015
	Obra 5	Ampliación PEAS Conavicoop Q= 23 L/s ; h=55 m (equipos y tuberías)	2018

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Tabla 8.4 Resumen de obras planificadas. Etapa de disposición

Etapa	Obra	Designación	Año Puesta en Operación
Disposición	Obra 1	Refuerzo Emisario Descarga PTAS HDPE PN6 DN= 200 mm ; L= 225 m	2025

Fuente: Elaboración propia, 2014.

## **9. PROGRAMA DE INVERSIONES**

Las inversiones requeridas para la ampliación de la concesión en estudio se definen de acuerdo a los requerimientos presentados en el Capítulo 7 del presente informe.

De acuerdo a la solución de abastecimiento seleccionada para el área de concesión, se proyectan las obras de acuerdo a los balances presentados y que corresponden a los montos imputables al presente estudio, de tal forma de garantizar el abastecimiento de agua potable y el saneamiento de las aguas servidas.

En tabla 9.1, se muestran las obras necesarias con los costos totales asociados.

Los valores están expresados en Unidad de Fomento (UF) a diciembre de 2014 sin impuesto IVA.

Tabla 9.1: Programa de inversión por etapa

a	Obra	MONTO DE INVERSIONES ANUALES (UF S/IVA)																To
	Designación	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029		
ción	Construcción Malla Puntera Pioneros 04 Sistema Productivo Pioneros 8 L/s						1.200										1.	
	Ampliación Capacidad PTAP PIC Q= 1 L/s (incluye equipos, tuberías, accesorios y energía eléctrica)													1.561			1.	
	Ampliación Capacidad Cloración Sistema PIC Q= 24 L/s (equipos y tuberías)	800															8	
	Ampliación Capacidad PEAP Punteras Sistema La Foresta-Rosario Q= 13 L/s; hm= 10 m (equipos y tuberías)							249									2	
	TOTAL ETAPA PRODUCCION	800					1.200	249						1.561			3.	
	Ampliación Estanque La Foresta-Rosario V= 60 m3													1.470			1.	
	Ampliación Estanque Pioneros V= 150 m3	2.335															2.	
	Ampliación Estanque Pioneros V= 150 m3						2.335										2.	
ción	Ampliación Capacidad PEAP La Foresta-Rosario Q= 20 L/s a 17 m (equipos y tuberías)	287															2	
	Ampliación capacidad PEAP La Foresta-Rosario Q= 16 L/s a 17 m (equipos y tuberías)					250											2	
	Ampliación Capacidad PEAP Pioneros Q= 1 L/s a 55 m (equipos y tuberías)				234												2	
	Refuerzo Impulsión PEAP Pioneros DN= 160 mm ; L= 1.738				2.377												2.	
	TOTAL ETAPA DISTRIBUCION	2.622			2.611	250	2.335								1.470		9.	
	Ampliación PEAS San Pedro del Valle Q= 1 L/s ; h=14 m (equipos y tuberías)												221				2	
ción	Ampliación PEAS PIC Q= 21 L/s ; h=15 m (equipos y tuberías)	725															7	
	Ampliación PEAS Norte Q= 13 L/s ; h=32 m (equipos y tuberías)	952															9	
	Ampliación PEAS Conavicoop Q= 40 L/s ; h=55 m (equipos y tuberías)	2.624															2.	
	Ampliación PEAS Conavicoop Q= 23 L/s ; h=55 m (equipos y tuberías)				1.332												1.	
	TOTAL ETAPA RECOLECCION	4.301			1.332								221				5.	
ción	Refuerzo Emisario Descarga PTAS HDPE PN6 DN= 200 mm ; L= 225 m											555					5	
	TOTAL ETAPA DISPOSICION											555					5	
	TOTAL GENERAL	7.723			3.943	250	3.535	249				555	221	3.031			19	

Fuente: Elaboración propia, 2014.

# 10. CRONOGRAMA DE OBRAS

Se presenta en este capítulo, el cronograma base que comprende un periodo de 15 años y se ha elaborado según el formato presentado en la “Guía de Elaboración de Planes de Desarrollo” de Noviembre de 2009, preparada por la SISS. En él se han incluido todas las obras resultantes del balance oferta-demanda de la infraestructura realizada en el capítulo 7 y las obras de reposición propuestas de acuerdo a su estado actual de uso, si corresponde.

El cronograma base debe ser consistente con el programa de inversiones del capítulo 8, por lo que las primeras cuatro columnas de estos cuadros son idénticas.

En el cronograma base se indica el año de inicio y termino de la obra. La puesta en operación de las obras será a partir del 1º de enero del año siguiente al año de término, puesto que estas necesariamente deben estar operativas al inicio del año en el que se determinó el déficit según el balance OD respectivo.

Los valores son expresados en Unidad de Fomento (UF) sin el impuesto IVA.

Tabla 10.1: Cronograma base

Etapa	Obra Designación	Total	Año Inicio	Año Término
Producción	Construcción Malla Puntera Pioneros 04 Sistema Productivo Pioneros 8 L/s	1.200	2020	2020
	Ampliación Capacidad PTAP PIC Q= 1 L/s (incluye equipos, tuberías, accesorios y energía eléctrica)	1.561	2027	2027
	Ampliación Capacidad Cloración Sistema PIC Q= 24 L/s (equipos y tuberías)	800	2015	2015
	Ampliación Capacidad PEAP Punteras Sistema La Foresta-Rosario Q= 13 L/s; hm= 10 m (equipos y tuberías)	249	2021	2021
	<b>TOTAL ETAPA PRODUCCION</b>	<b>3.810</b>		
Distribución	Ampliación Estanque La Foresta-Rosario V= 60 m3	1.470	2027	2027
	Ampliación Estanque Pioneros V= 150 m3	2.335	2015	2015
	Ampliación Estanque Pioneros V= 150 m3	2.335	2020	2020
	Ampliación Capacidad PEAP La Foresta-Rosario Q= 20 L/s a 17 m (equipos y tuberías)	287	2015	2015
	Ampliación capacidad PEAP La Foresta-Rosario Q= 16 L/s a 17 m (equipos y tuberías)	250	2019	2019
	Ampliación Capacidad PEAP Pioneros Q= 1 L/s a 55 m (equipos y tuberías)	234	2018	2018
	Refuerzo Impulsión PEAP Pioneros DN= 160 mm ; L= 1.738	2.377	2018	2018
	<b>TOTAL ETAPA DISTRIBUCION</b>	<b>9.288</b>		
Recolección	Ampliación PEAS San Pedro del Valle Q= 1 L/s ; h=14 m (equipos y tuberías)	221	2026	2026
	Ampliación PEAS PIC Q= 21 L/s ; h=15 m (equipos y tuberías)	725	2015	2015
	Ampliación PEAS Norte Q= 13 L/s ; h=32 m (equipos y tuberías)	952	2015	2015
	Ampliación PEAS Conavicoop Q= 40 L/s ; h=55 m (equipos y tuberías)	2.624	2015	2015
	Ampliación PEAS Conavicoop Q= 23 L/s ; h=55 m (equipos y tuberías)	1.332	2018	2018
	<b>TOTAL ETAPA RECOLECCION</b>	<b>5.854</b>		
Disposición	Refuerzo Emisario Descarga PTAS HDPE PN6 DN= 200 mm ; L= 225 m	555	2025	2025
	<b>TOTAL ETAPA DISPOSICION</b>	<b>555</b>		
	<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>19.507</b>		

Fuente: Elaboración propia, 2014.

11. EVALUACIÓN ECONÓMICA

11.1 Inversiones

Las inversiones requeridas para atender a los nuevos clientes que se incorporan a la concesión San Pedro de La Paz-PIC, se definen de acuerdo a los requerimientos presentados en el capítulo 8 y cronograma de inversiones del capítulo anterior de la presente tesis. Los valores son referidos a moneda de diciembre 2014.

11.2 Costos de Operación, Mantenimiento y Administración.

Los costos de operación, mantención y administración se determinan a partir de los costos reales de la empresa Aguas San Pedro S.A.

Los gastos asociados a remuneraciones, productos químicos, energía eléctrica, mantención, arriendo de vehículos y oficinas se determinan en función de los requerimientos la empresa y los precios reales de mercado enfrentados actualmente por Aguas San Pedro S.A.

Los gastos generales, servicios de terceros y gastos de ventas se determinan a partir de los costos contables de la empresa en función del número de clientes y los metros cúbicos de agua que se proyecta vender.

De acuerdo a los costos contables de Aguas San Pedro S.A. los gastos tienen el siguiente desglose:

Tabla 11.1: Gastos contables de la empresa

Concepto	Gastos de Operación (\$)	Gastos de Administración y Ventas (\$)	Tota (\$)	Porcentaje
Personal	226.754.731	319.945.756	546.700.487	23%
Productos Químicos	22.828.404	0	22.828.404	1%
Energía	188.413.798	3.565.973	191.979.771	8%
Servicios de Terceros	930.775.248	90.613.904	1.021.389.152	42%
Gastos Generales	346.718.531	139.151.530	485.870.061	20%
Mantención	0	19.959.241	19.959.241	1%
Materiales y Combustibles	104.748.445	16.051.263	120.799.708	5%
Fletes y Otros	0	0	0	0%
Servicios Comerciales	0	0	0	0%
Total	1.820.239.157	589.287.667	2.409.526.824	100%

Fuente: Aguas San Pedro S.A., 2014.

El costo unitario por unidad facturada de la empresa Aguas San Pedro S.A. se resume en tabla 11.2:

Tabla 11.2: Costos unitarios de la empresa

Concepto	Costos (\$)	Agua Potable Facturada (m3)	Agua Servida Facturada (m3)	Agua Tratada Facturada (m3)	Costo Unitario (\$/m3)
Gastos de Operación	1.820.239.157	2.297.363	2.075.453	2.075.453	792,32
Gastos de Adm. y Ventas	589.287.667	2.297.363	2.075.453	2.075.453	256,51
Totales	2.409.526.824	2.297.363	2.075.453	2.075.453	1.048,82

Fuente: Aguas San Pedro S.A., 2014.

Este costo unitario se distribuirá de acuerdo a los siguientes porcentajes:

Tabla 11.3: Distribución costos unitarios

Concepto	Gastos de Operación (\$/m3)	Gastos de Administración y Ventas (\$/m3)	Total (\$/m3)	Porcentaje
Personal	98,70	139,27	238,0	23%
Productos Químicos	9,94	0,00	9,9	1%
Energía	82,01	1,55	83,6	8%
Servicios de Terceros	405,15	39,44	444,6	42%
Gastos Generales	150,92	60,57	211,5	20%
Mantenición	0,00	8,69	8,7	1%
Materiales y Combustibles	45,60	6,99	52,6	5%
Fletes y Otros	0,00	0,00	0,0	0%
Servicios Comerciales	0,00	0,00	0,0	0%
Total	792,32	256,51	1.048,8	100%

Fuente: Aguas San Pedro S.A., 2014.

11.3 Tasa de Costo Capital

La tasa de costo capital utilizada para la determinación de las formulas tarifarias fue de 7,00%.que corresponde un valor conservador recomendado por la SISS para este tipo de evaluaciones y que corresponde al valor utilizado en el estudio tarifario vigente del sector.

11.4 Evaluación Económica del Proyecto

Para el cálculo de los ingresos se utiliza la tarifa que actualmente se aplica al sector de San Pedro de La Paz-PIC, según D.S. MINECON N° 78 de junio del 2011.

La estructura tarifaria utilizada para estimar los ingresos del proyecto se adjunta en tabla 11.4.



Tabla 11.4: Estructura tarifara vigente

Tarifas		San Pedro-PIC	Polinomios de indexación				
			Ini	ai	bi	ci	ai + bi +ci = 1,0000
Cargo Fijo Por clientes	\$/clientes/Mes	1.040,90	1,08	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000
Producción de Agua potable Sin Flúor							
Cargo Variable Periodo no punta	\$/m3	81,64	1,04	0,6629	0,0421	0,2950	1,0000
Cargo Variable Periodo Punta	\$/m3	81,64	1,04	0,6629	0,0421	0,2950	1,0000
Cargo variable por sobreconsumo	\$/m3	148,35	1,02	0,6096	0,1026	0,2878	1,0000
Distribución de Agua potable							
Cargo Variable Periodo no punta	\$/m3	189,28	1,04	0,6654	0,0217	0,3129	1,0000
Cargo Variable Periodo Punta	\$/m3	189,28	1,04	0,6654	0,0217	0,3129	1,0000
Cargo variable por sobreconsumo	\$/m3	466,07	1,03	0,6179	0,0516	0,3305	1,0000
Recolección de aguas servidas							
Cargo Variable Periodo no punta	\$/m3	125,24	0,99	0,4762	0,1975	0,3263	1,0000
Cargo Variable Periodo Punta	\$/m3	125,24	0,99	0,4762	0,1975	0,3263	1,0000
Cargo variable por sobreconsumo	\$/m3	125,24	0,99	0,4762	0,1975	0,3263	1,0000
Disposición De Aguas servidas							
Cargo Variable Periodo no punta	\$/m3	417,12	1,03	0,6393	0,0728	0,2879	1,0000
Cargo Variable Periodo Punta	\$/m3	417,12	1,03	0,6393	0,0728	0,2879	1,0000
Cargo variable por sobreconsumo	\$/m3	417,12	1,03	0,6393	0,0728	0,2879	1,0000

Fuente: Superintendencia Servicios Sanitarios., 2014.

El detalle de la facturación de agua potable y aguas servidas separados por periodo no punta, punta y sobre consumo se presentan desde las tablas 11.5 a tabla 11.7:

Tabla 11.5: Facturación agua potable (m3/año)

Proyección Consumo	Periodo	Año	Clientes N°	Facturación Mes No Punta m3/año	Facturación Mes Punta m3/año	Facturación Sobre Consumo m3/año	Facturación Total m3/año
0	0	2014	0	0	0	0	0
2.249.157	1	2015	14.965	1.353.787	755.762	139.608	2.249.157
2.343.770	2	2016	15.464	1.410.736	787.554	145.480	2.343.770
2.402.225	3	2017	15.879	1.445.920	807.196	149.109	2.402.225
2.448.851	4	2018	16.299	1.473.985	822.863	152.003	2.448.851
2.495.503	5	2019	16.719	1.502.066	838.539	154.899	2.495.503
2.541.664	6	2020	17.139	1.529.850	854.050	157.764	2.541.664
2.587.336	7	2021	17.558	1.557.341	869.397	160.599	2.587.336
2.632.525	8	2022	17.978	1.584.540	884.581	163.404	2.632.525
2.677.234	9	2023	18.398	1.611.451	899.604	166.179	2.677.234
2.721.466	10	2024	18.817	1.638.075	914.467	168.924	2.721.466

Proyección Consumo	Periodo	Año	Cientes N°	Facturación Mes No Punta m3/año	Facturación Mes Punta m3/año	Facturación Sobre Consumo m3/año	Facturación Total m3/año
2.765.226	11	2025	19.237	1.664.414	929.171	171.641	2.765.226
2.808.516	12	2026	19.657	1.690.471	943.718	174.328	2.808.516
2.851.342	13	2027	20.076	1.716.248	958.108	176.986	2.851.342
2.893.705	14	2028	20.496	1.741.747	972.343	179.615	2.893.705
2.935.611	15	2029	20.916	1.766.970	986.424	182.217	2.935.611

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Tabla 11.6: Facturación aguas servidas (m3/año)

Proyección Consumo	Periodo	Año	Cientes N°	Facturación Mes No Punta m3/año	Facturación Mes Punta m3/año	Facturación Sobre Consumo m3/año	Facturación Total m3/año
0	0	2014	0	0	0	0	0
2.249.157	1	2015	14.965	1.382.690	866.467	0	2.249.157
2.343.770	2	2016	15.464	1.440.855	902.916	0	2.343.770
2.402.225	3	2017	15.879	1.476.790	925.435	0	2.402.225
2.448.851	4	2018	16.299	1.505.454	943.397	0	2.448.851
2.495.503	5	2019	16.719	1.534.134	961.370	0	2.495.503
2.541.664	6	2020	17.139	1.562.511	979.152	0	2.541.664
2.587.336	7	2021	17.558	1.590.589	996.747	0	2.587.336
2.632.525	8	2022	17.978	1.618.369	1.014.156	0	2.632.525
2.677.234	9	2023	18.398	1.645.854	1.031.380	0	2.677.234
2.721.466	10	2024	18.817	1.673.046	1.048.420	0	2.721.466
2.765.226	11	2025	19.237	1.699.948	1.065.278	0	2.765.226
2.808.516	12	2026	19.657	1.726.561	1.081.955	0	2.808.516
2.851.342	13	2027	20.076	1.752.889	1.098.453	0	2.851.342
2.893.705	14	2028	20.496	1.778.932	1.114.773	0	2.893.705
2.935.611	15	2029	20.916	1.804.694	1.130.917	0	2.935.611

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Tabla 11.7: Facturación tratamiento aguas servidas (m3/año)

Proyección Consumo	Periodo	Año	Cientes N°	Facturación Mes No Punta m3/año	Facturación Mes Punta m3/año	Facturación Sobre Consumo m3/año	Facturación Total m3/año
		2014					
2.249.157	1	2015	14.965	1.382.690	866.467	0	2.249.157
2.343.770	2	2016	15.464	1.440.855	902.916	0	2.343.770
2.402.225	3	2017	15.879	1.476.790	925.435	0	2.402.225
2.448.851	4	2018	16.299	1.505.454	943.397	0	2.448.851
2.495.503	5	2019	16.719	1.534.134	961.370	0	2.495.503
2.541.664	6	2020	17.139	1.562.511	979.152	0	2.541.664
2.587.336	7	2021	17.558	1.590.589	996.747	0	2.587.336
2.632.525	8	2022	17.978	1.618.369	1.014.156	0	2.632.525
2.677.234	9	2023	18.398	1.645.854	1.031.380	0	2.677.234
2.721.466	10	2024	18.817	1.673.046	1.048.420	0	2.721.466
2.765.226	11	2025	19.237	1.699.948	1.065.278	0	2.765.226
2.808.516	12	2026	19.657	1.726.561	1.081.955	0	2.808.516
2.851.342	13	2027	20.076	1.752.889	1.098.453	0	2.851.342
2.893.705	14	2028	20.496	1.778.932	1.114.773	0	2.893.705
2.935.611	15	2029	20.916	1.804.694	1.130.917	0	2.935.611

Fuente: Elaboración propia, 2014.

El detalle de ingresos de agua potable y aguas servidas separados por periodo no punta, punta y sobre consumo se presentan en tabla 11.8

Tabla 11.8: Ingresos totales agua potable y aguas servidas (\$/año)

Periodo	Año	Clientes N°	Ingresos Mes No Punta \$/año	Ingresos Mes Punta \$/año	Ingresos Sobre Consumo \$/año	Cargo Fijo \$/Año	Tratamiento AP \$/año
	2014						
1	2015	14.965	1.116.688.091	674.690.384	85.777.474	186.925.007	0
2	2016	15.464	1.163.663.025	703.072.110	89.385.815	193.152.410	0
3	2017	15.879	1.192.684.970	720.606.843	91.615.112	198.347.149	0
4	2018	16.299	1.215.834.881	734.593.759	93.393.353	203.589.510	0
5	2019	16.719	1.238.997.112	748.588.118	95.172.541	208.831.870	0
6	2020	17.139	1.261.915.331	762.435.048	96.932.985	214.074.231	0
7	2021	17.558	1.284.591.432	776.135.694	98.674.831	219.316.591	0
8	2022	17.978	1.307.027.295	789.691.190	100.398.223	224.558.952	0
9	2023	18.398	1.329.224.786	803.102.664	102.103.305	229.801.313	0
10	2024	18.817	1.351.185.759	816.371.237	103.790.219	235.043.673	0
11	2025	19.237	1.372.912.057	829.498.022	105.459.107	240.286.034	0
12	2026	19.657	1.394.405.508	842.484.123	107.110.108	245.528.394	0
13	2027	20.076	1.415.667.930	855.330.639	108.743.364	250.770.755	0
14	2028	20.496	1.436.701.126	868.038.660	110.359.011	256.013.115	0
15	2029	20.916	1.457.506.889	880.609.268	111.957.189	261.255.476	0

Fuente: Elaboración propia, 2014.

En el siguiente cuadro, se presentan los flujos de caja del presente estudio, cuyos ingresos están calculados según la metodología del decreto tarifario vigente<sup>19</sup>. Todos los valores están expresados en moneda nacional, sin Impuesto IVA.

<sup>19</sup> Decreto Supremo de la República de Chile D.S. N°78 del 20 de junio del 2011

Tabla 11.9: Proyección ingresos y costos

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Ítem	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Ingresos</b>		<b>2.064.081</b>	<b>2.149.273</b>	<b>2.203.254</b>	<b>2.247.412</b>	<b>2.291.590</b>	<b>2.335.358</b>	<b>2.378.719</b>	<b>2.421.676</b>	<b>2.464.232</b>	<b>2.506.391</b>	<b>2.548.155</b>	<b>2.589.528</b>	<b>2.630.513</b>	<b>2.671.112</b>	<b>2.565.364</b>
Ingresos Tarifarios		2.064.081	2.149.273	2.203.254	2.247.412	2.291.590	2.335.358	2.378.719	2.421.676	2.464.232	2.506.391	2.548.155	2.589.528	2.630.513	2.671.112	2.711.329
Ingresos No Tarifarios		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor Residual Inversiones																(145.965)
Descuento por Venta de AS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Egresos</b>																
<b>Inversiones</b>		<b>176.399</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>90.061</b>	<b>5.710</b>	<b>80.742</b>	<b>5.687</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12.677</b>	<b>5.048</b>	<b>69.230</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Costos de Operación M\$</b>		<b>1.442.602</b>	<b>1.503.287</b>	<b>1.540.779</b>	<b>1.570.685</b>	<b>1.600.607</b>	<b>1.630.214</b>	<b>1.659.509</b>	<b>1.688.493</b>	<b>1.717.169</b>	<b>1.745.539</b>	<b>1.773.606</b>	<b>1.801.373</b>	<b>1.828.841</b>	<b>1.856.013</b>	<b>1.882.891</b>
Remuneraciones		221.997	231.335	237.105	241.707	246.312	250.868	255.376	259.836	264.249	268.615	272.934	277.207	281.434	285.615	289.751
Energía Eléctrica		184.460	192.220	197.014	200.838	204.664	208.450	212.195	215.902	219.568	223.196	226.785	230.335	233.847	237.322	240.758
Productos Químicos		22.349	23.290	23.870	24.334	24.797	25.256	25.710	26.159	26.603	27.043	27.477	27.908	28.333	28.754	29.171
Materiales y Combustibles		102.550	106.864	109.530	111.656	113.783	115.887	117.970	120.030	122.069	124.085	126.081	128.055	130.007	131.939	133.849
Servicios de Terceros		911.245	949.577	973.260	992.151	1.011.052	1.029.754	1.048.258	1.066.566	1.084.680	1.102.601	1.120.330	1.137.869	1.155.220	1.172.383	1.189.361
Gastos Generales																
Mantención		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Costos Administración y Ventas M\$</b>		<b>573.431</b>	<b>597.554</b>	<b>612.457</b>	<b>624.344</b>	<b>636.238</b>	<b>648.007</b>	<b>659.652</b>	<b>671.173</b>	<b>682.571</b>	<b>693.849</b>	<b>705.005</b>	<b>716.042</b>	<b>726.961</b>	<b>737.762</b>	<b>748.446</b>
Remuneraciones		313.232	326.409	334.550	341.043	347.540	353.969	360.329	366.623	372.849	379.009	385.103	391.132	397.096	402.996	408.832
Energía Eléctrica																
Productos Químicos																
Materiales y Combustibles		15.714	16.376	16.784	17.110	17.436	17.758	18.077	18.393	18.705	19.014	19.320	19.623	19.922	20.218	20.511
Servicios de Terceros		88.713	92.444	94.750	96.589	98.429	100.250	102.051	103.834	105.597	107.342	109.068	110.775	112.464	114.135	115.788
Gastos Generales		136.232	141.962	145.503	148.327	151.153	153.949	156.715	159.452	162.160	164.840	167.490	170.112	172.706	175.272	177.810
Mantención		19.540	20.362	20.870	21.275	21.681	22.082	22.479	22.871	23.260	23.644	24.024	24.400	24.772	25.140	25.504
Servicios Comerciales		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Depreciación Inversiones Nuevas</b>		<b>0</b>	<b>11.760</b>	<b>11.760</b>	<b>11.760</b>	<b>17.764</b>	<b>18.145</b>	<b>23.527</b>	<b>23.907</b>	<b>23.907</b>	<b>23.907</b>	<b>23.907</b>	<b>24.752</b>	<b>25.088</b>	<b>29.704</b>	<b>29.704</b>
Utilidad antes de impuesto		48.048	36.673	38.259	40.622	36.980	38.991	36.031	38.104	40.585	43.097	45.637	47.361	49.623	47.634	(95.676)
20,0% Impuesto		(9.610)	(7.335)	(7.652)	(8.124)	(7.396)	(7.798)	(7.206)	(7.621)	(8.117)	(8.619)	(9.127)	(9.472)	(9.925)	(9.527)	0
<b>Utilidad Después Impuesto</b>		<b>38.438</b>	<b>29.339</b>	<b>30.607</b>	<b>32.498</b>	<b>29.584</b>	<b>31.193</b>	<b>28.825</b>	<b>30.483</b>	<b>32.468</b>	<b>34.477</b>	<b>36.510</b>	<b>37.889</b>	<b>39.698</b>	<b>38.107</b>	<b>(95.676)</b>
Depreciaciones			11.760	11.760	11.760	17.764	18.145	23.527	23.907	23.907	23.907	23.907	24.752	25.088	29.704	29.704
Amortizaciones Act. Nominal																
Recuperación Capital de Trabajo																
<b>Flujo Neto de Caja M\$</b>		<b>(137.961)</b>	<b>41.099</b>	<b>42.367</b>	<b>(45.803)</b>	<b>41.638</b>	<b>(31.404)</b>	<b>46.665</b>	<b>54.390</b>	<b>56.375</b>	<b>58.384</b>	<b>47.740</b>	<b>57.593</b>	<b>(4.444)</b>	<b>67.811</b>	<b>(65.972)</b>
<b>AÑOS</b>	<b>Tcc (%)</b>	<b>VAN (M\$)</b>	<b>TIR (%)</b>													
15	7,00%	85.218	16%													

Fuente: Elaboración propia, 2014.

12. CONCLUSIONES

De los análisis y resultados obtenidos en la presente tesis, se tiene que la rentabilidad del proyecto alcanza un valor positivo con un VAN estimado de M\$85.218 y una TIR del orden del 16%, mayor a la tasa del costo de capital lo que se traduce a que el proyecto es rentable y viable de construir.

Para la empresa Aguas San Pedro S.A, esto se traduce en que le es conveniente ingresar nuevos clientes a su territorio operacional en el sector de San Pedro de La Paz y Parque Industrial Coronel en la VIII región del Bío Bío.

Asimismo, la empresa debe considerar la inversión en infraestructura sanitaria del orden de los UF 19.507 lo que le permitirá mejorar la calidad de su servicio de agua potable y aguas servidas por los próximos 15 años.

Las soluciones planteadas en esta tesis están desarrolladas a nivel de prefactibilidad. La empresa debe considerar el desarrollo de las soluciones a nivel de Ingeniería de Detalles para su posterior licitación y construcción.

Se recomienda que la empresa diversifique su inversión en infraestructura y lo realice de acuerdo a lo estipulado en esta tesis y así no genere un impacto negativo en su flujo de caja y le reste liquidez para solventar sus otras concesiones que posee a lo largo del país.

En tabla 12.1 se resume las obras de ampliación necesarias que permiten a la empresa sanitaria Aguas San Pedro S.A. mantener la continuidad del servicio sanitario a sus clientes y a los que se incorporen durante los próximos 15 años.

Tabla 12.1: Resumen obras planificadas periodo 2014-2019

Etapa	Obra Designación	Total	Año Inicio	Año Término
Producción	Construcción Malla Puntera Pioneros 04 Sistema Productivo Pioneros 8 L/s	1.200	2020	2020
	Ampliación Capacidad PTAP PIC Q= 1 L/s (incluye equipos, tuberías, accesorios y energía eléctrica)	1.561	2027	2027
	Ampliación Capacidad Cloración Sistema PIC Q= 24 L/s (equipos y tuberías)	800	2015	2015
	Ampliación Capacidad PEAP Punteras Sistema La Foresta-Rosario Q= 13 L/s; hm= 10 m (equipos y tuberías)	249	2021	2021
	<b>TOTAL ETAPA PRODUCCION</b>	<b>3.810</b>		
Distribución	Ampliación Estanque La Foresta-Rosario V= 60 m3	1.470	2027	2027
	Ampliación Estanque Pioneros V= 150 m3	2.335	2015	2015
	Ampliación Estanque Pioneros V= 150 m3	2.335	2020	2020
	Ampliación Capacidad PEAP La Foresta-Rosario Q= 20 L/s a 17 m (equipos y tuberías)	287	2015	2015
	Ampliación capacidad PEAP La Foresta-Rosario Q= 16 L/s a 17 m (equipos y tuberías)	250	2019	2019
	Ampliación Capacidad PEAP Pioneros Q= 1 L/s a 55 m (equipos y tuberías)	234	2018	2018
	Refuerzo Impulsión PEAP Pioneros DN= 160 mm ; L= 1.738	2.377	2018	2018
	<b>TOTAL ETAPA DISTRIBUCION</b>	<b>9.288</b>		
Recolección	Ampliación PEAS San Pedro del Valle Q= 1 L/s ; h=14 m (equipos y tuberías)	221	2026	2026
	Ampliación PEAS PIC Q= 21 L/s ; h=15 m (equipos y tuberías)	725	2015	2015
	Ampliación PEAS Norte Q= 13 L/s ; h=32 m (equipos y tuberías)	952	2015	2015
	Ampliación PEAS Conavicoop Q= 40 L/s ; h=55 m (equipos y tuberías)	2.624	2015	2015
	Ampliación PEAS Conavicoop Q= 23 L/s ; h=55 m (equipos y	1.332	2018	2018

Etapa	Obra	Total	Año	Año
	tuberías)			
	<b>TOTAL ETAPA RECOLECCION</b>	<b>5.854</b>		
Disposición	Refuerzo Emisario Descarga PTAS HDPE PN6 DN= 200 mm ; L= 225 m	555	2025	2025
	<b>TOTAL ETAPA DISPOSICION</b>	<b>555</b>		
	<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>19.507</b>		

### 13. BIBLIOGRAFÍA

Domínguez, F.J. (1959). *Hidráulica*. (3a.ed.). Santiago, Chile: Editorial Universitaria S.A.

Mott R.L. (2006). *Mecánica de Fluidos*. (6a.ed.). México: Editorial Prentice Hall.

Webber, N.B. (s.a). *Mecánica de Fluidos para Ingenieros*. (3a.ed.). España, Madrid: Ediciones Urmo.

Metcalf & Eddy (1995). *Ingeniería Aguas Residuales*. (3a.ed., Vol 1 y 2). Madrid: McGraw-Hill Interamericana.

Streeter, V., Wylie, B. (2000). *Mecánica de los Fluidos*. (9a.ed.). Bogotá: McGraw-Hill Interamericana.

DFL MOP N° 382/88. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 28 de diciembre de 2004.

NCh 409/1. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 27 de junio de 2006.

NCh 409/2. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 27 de junio 2006.

NCh 691. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 27 de octubre 1998.

NCh 692. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 27 de abril de 2000.

NCh 1105. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 31 de agosto de 1999.

NCh 2472. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 16 de diciembre de 2000.

D.S N° 04. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 30 de enero de 2009.

D.S N° 90. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 7 de marzo de 2001.

D.S N° 609. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 20 de julio de 1998.